



**TUGAS AKHIR - RE141518**

**PENURUNAN KONSENTRASI LINIER  
ALKILBENZEN SULFONAT (LAS) DALAM AIR  
LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN ECENG  
GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN  
WALINGI (*Scirpus grossus*)**

**REYSHA SIBARANI  
NRP 3311100076**

**Dosen Pembimbing  
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., PhD.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - RE141518**

**REDUCTION OF LINEAR ALKYL BENZENE  
SULFONATES IN LAUNDRY WASTE WATER  
USING WATER HYACINTH (*Eichhornia  
crassipes*) AND WALINGI (*Scirpus grossus*)**

**REYSHA SIBARANI  
NRP 3311100076**

**Supervisor  
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., PhD.**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Penurunan Konsentrasi Linier Alkilbenzen Sulfonat  
(LAS) Dalam Air Limbah *Laundry* Menggunakan Eceng  
Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Walingi (*Scirpus  
grossus*)**

### TUGAS AKHIR

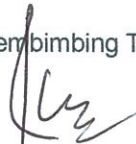
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**REYSHA SIBARANI**

NRP. 3311100080

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19711114 200312 2 001



## ABSTRAK

### **PENURUNAN KONSENTRASI LINEAR ALKILBENZEN SULFONAT (LAS) PADA AIR LIMBAH LAUNDRY MENGUNAKAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN WALINGI (*Scirpus grossus*)**

**NAMA : REYSHA SIBARANI**

**NRP : 3311100080**

**JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN**

**DOSEN PEMBIMBING : IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T.,  
Ph.D**

*Laundry* adalah salah satu usaha jasa yang bergerak dibidang pencucian pakaian atau alat-alat rumah tangga lainnya. Deterjen adalah agen pembersih yang menggunakan surfaktan anionik jenis Liner Alkilbenzen Sulfonat (LAS) sebagai komponen utama penyusunnya. Limbah deterjen yang dihasilkan dari usaha *laundry* banyak mengandung surfaktan LAS dengan konsentrasi rata-rata 166,67 mg/l. Pada penelitian ini konsentrasi LAS akan direduksi dengan *fitotreatment* menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan walingi (*Scirpus grossus*).

Variabel penelitian ini adalah variasi penggunaan jenis tumbuhan untuk fitoremediasi (*S. grossus*, *E. crassipes* dan *combined plant*) dan kerapatan antar tumbuhan dalam 1 (satu) reaktor yaitu 8 (delapan) tumbuhan/reaktor dan 6 tumbuhan/reaktor. Parameter yang dipilih adalah konsentrasi LAS, rasio BOD/COD, pH, suhu, dan morfologi tumbuhan yang meliputi lebar daun, tinggi tumbuhan, berat basah, serta berat kering.

Tahap pertama penelitian ini adalah perbanyakan atau aklimatisasi *E. crassipes* dan *S. grossus* Selanjutnya, pada tahap *range finding test* didapatkan bahwa masing-masing tumbuhan dan kombinasi keduanya mampu bertahan hidup pada konsentrasi LAS 100 mg/l. Pada Uji *fitotreatment* analisis LAS dilakukan setiap minggu selama 7 minggu dengan metode MBAS (*Methylene Blue*

*Active Substances*). Efisiensi removal LAS terbesar terjadi pada reaktor *combined plant* dengan kerapatan 8 tumbuhan/reaktor yaitu sebesar 99,7% dengan pH 7,86, suhu 29,5°C, berat basah *S. grossus* dan *E. crassipes* 30,15 gram dan 35,01 gram, berat kering *S. grossus* dan *E. crassipes* 7,3 gram dan 2,54 gram, dan tinggi tumbuhan *S. grossus* sebesar 67 cm, lebar daun *E. crassipes* sebesar 9,5 cm, dan rasio BOD/COD sebesar 0,47. Berdasarkan hasil uji statistik, masing-masing variabel pada penelitian tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal LAS. Hal ini dikarenakan nilai  $P > 0,05$ .

**Kata Kunci:** *Eichhornia crassipes*, *fitotreatment*, kerapatan tumbuhan, limbah *laundry*, Linear Alkilbenzen Sulfonat (LAS), *Scirpus grossus*,

## ABSTRACT

### REDUCTION OF LINEAR ALKYL BENZENE SULPHONATE (LAS) IN LAUNDRY WASTE WATER USING WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*) AND WALINGI (*Scirpus grossus*)

**NAME** : REYSHA SIBARANI

**NRP** : 3311100080

**STUDY PROGRAMME** : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

**SUPERVISOR** : IPUNG FITRI PURWANTI, S.T.,  
M.T., Ph.D

Laundry service is one of the service business engaged in washing clothes or other household appliance. Detergent is cleaning agent using an anionic surfactant types Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS) as the main component constituent. The concentration of LAS in detergent waste from laundry service was about 166,67 mg/l. In this study, the concentration of LAS in the laundry waste would be reduced by phytotreatment using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and walingi (*Scirpus grossus*).

The variables of this study are the variation of the plants species for phytotreatment (*S. grossus*, *E. crassipes*, and combined plant) and the density of plants within one reactor. The parameters that would be analyzed in this study are the concentration of LAS, the ratio of BOD/COD, pH, temperature, and morphology of plants includes leaf width, plant height, fresh weight, and dry weight.

Before doing the phytotreatment test, acclimatization of *E. crassipes* and *S. grossus* was conducted first. Furthermore, from range finding test, it was known that each plant can survive in LAS concentration of 100 mg/l. Phytotreatment test conducted for 7 weeks with analysis once a week by MBAS (Methylene Blue Active Substances) method. From the phytotreatment test known that the biggest LAS removal efficiency occurred in the reactor of plant combinations between *S. grossus* and *E. crassipes* with density 8

plants/reactor, which amounted to 99,7%, pH 7,86, temperature 29,5°C, fresh weight of *S. grossus* and *E. crassipes* 30,15 grams and 35,01 grams, dry weight of *S. grossus* and *E. crassipes* 7,3 grams and 2,54 grams, height of *S. grossus* 67 centimeters, width of *E. crassipes*' leaf 9,5 centimeters, and BOD/COD ratio 0,47. Based on the statistic test, each variables of this experiment didn't give any significant influences to the removal efficiency. It was known because the  $P > 0,05$ .

**Key words:** density between plants, *Eichhornia crassipes*, laundry wastewater, Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS), phytotreatment, *Scirpus grossus*,

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penyusunan proposal Tugas Akhir dengan judul **“Penurunan Konsentrasi Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS) Dalam Air Limbah Laundry Menggunakan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Walingi (*Scirpus grossus*)”** ini dapat diselesaikan tepat waktu. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing atas segala ilmu yang diberikan selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES, Ibu Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D, dan Ibu Harmin Sulistiyaning Titah S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
4. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., Mphil., Ph.D. selaku koordinator TA yang telah membantu dalam proses pendaftaran sampai dengan penyusunan proposal TA
5. Dosen-Dosen Teknik Lingkungan yang selama ini telah membantu dalam proses pembelajaran.
6. Ibu Hurun lin selaku laboran di Laboratorium Sanitasi Lingkungan dan Fitoteknologi atas perhatian dan nasihatnya
7. Ibu selaku orangtua yang selalu mendukung dan mendoakan
8. Teman-teman dari Laboratorium Sanitasi Lingkungan dan Fitoteknologi atas kebersamaan yang terjalin selama ini

Surabaya, 18 Juni 2015,

Penulis



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	I
ABSTRACT .....	III
KATA PENGANTAR .....	V
DAFTAR ISI .....	VII
DAFTAR TABEL .....	IX
DAFTAR GAMBAR .....	XI
DAFTAR LAMPIRAN .....	XIII
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian .....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1. Definisi Air Limbah <i>Laundry</i> .....	5
2.1.1. Definisi Surfaktan .....	6
2.1.2. Pengaruh Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS) .....	6
2.2. Undang-Undang Mengenai Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i> .....	7
2.3. <i>Fitotreatment</i> .....	7
2.3.1. Definisi <i>Fitotreatment</i> .....	7
2.3.2. Mekanisme <i>Fitotreatment</i> .....	9
2.4. Tumbuhan Air .....	11
2.4.1. Jenis-Jenis Tumbuhan Air .....	11
2.4.2. Enceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) .....	14
2.4.3. Walingi ( <i>Scirpus grossus</i> ) .....	15
2.5. Studi Terdahulu .....	17
2.5.1. Enceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) Sebagai Agen Fitoremediasi .....	17
2.5.2. Walingi ( <i>Scirpus grossus</i> ) Sebagai Agen Fitoremediasi .....	18
2.5.3. Pengaruh Variasi Tumbuhan ( <i>Single Plant dan</i> <i>Combined Plant</i> ) Dalam Fitoremediasi .....	18
2.5.4. Pengaruh Kerapatan Tumbuhan Dalam Fitoremediasi .....	18

BAB 3 METODE PENELITIAN .....	21
3.1. Kerangka Penelitian .....	21
3.2. Langkah Penelitian .....	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1. Tahap Aklimatisasi Tumbuhan .....	33
4.2. Uji Karakteristik Air Limbah <i>Laundry</i> .....	35
4.3. Tahap <i>Range Finding Test</i> .....	36
4.4. Uji <i>Fitotreatment</i> .....	46
4.4.1. Efisiensi Penurunan Konsentrasi LAS.....	48
4.4.2. Analisa pH.....	51
4.4.3. Analisa Suhu.....	54
4.4.4. Analisa Morfologi Tumbuhan.....	56
4.4.5. Analisa Rasio BOD/COD .....	66
4.5. Uji Statistik.....	67
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	69
5.1. Kesimpulan .....	69
5.2. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah <i>Laundry</i> .....	5
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik Untuk Kegiatan <i>Laundry</i> .....	8
Tabel 2.3 <i>Review</i> Penelitian Terdahulu .....	19
Tabel 3.1 Variabel Penelitian .....	24
Tabel 3.2 Rincian reaktor .....	25
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah <i>Laundry</i> .....	35
Tabel 4.2 Pengamatan <i>Range Finding Test Scirpus grossus</i> .	37
Tabel 4.3 Pengamatan <i>Range Finding Test Eichhornia</i> <i>crassipes</i> .....	40
Tabel 4.4 Pengamatan <i>Range Finding Test Combined Plant</i>	43
Tabel 4.5 Hasil Uji Anova Two-Way .....	68

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme <i>Fitotreatment</i> .....	17
Gambar 2.2 Jenis-Jenis Tumbuhan Air.....	22
Gambar 2.3 Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).....	26
Gambar 2.4 Walingi ( <i>Scirpus grossus</i> ).....	17
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	22
Gambar 3.2 Reaktor <i>Range Finding Test</i> .....	26
Gambar 3.3 Tampak Atas Reaktor <i>Fitotreatment</i> .....	26
Gambar 3.4 Tampak Samping Reaktor <i>Fitotreatment</i> .....	27
Gambar 4.1 Tahap Aklimatisasi Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i> dan <i>Eichhornia crassipes</i> .....	33
Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan <i>Scirpus grossus</i> .....	34
Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan <i>Eichhornia crassipes</i> .....	34
Gambar 4.4 Uji <i>Fitotreatment</i> Hari ke-0.....	47
Gambar 4.5 Efisiensi removal LAS dengan Tumbuhan <i>S.</i> <i>grossus</i> .....	49
Gambar 4.6 Efisiensi removal LAS dengan Tumbuhan <i>E.</i> <i>crassipes</i> .....	50
Gambar 4.7 Efisiensi removal LAS dengan Tumbuhan <i>S.</i> <i>grossus</i> dan <i>E. crassipes</i> .....	50
Gambar 4.8 pH Pada Reaktor <i>S. grossus</i> .....	52
Gambar 4.9 pH Pada Reaktor <i>E. crassipes</i> .....	52
Gambar 4.10 pH Pada Reaktor <i>Combined Plant</i> .....	53
Gambar 4.11 Suhu Pada Reaktor <i>S. grossus</i> .....	54
Gambar 4.12 Suhu Pada Reaktor <i>E. crassipes</i> .....	55
Gambar 4.13 Pada Reaktor <i>Combined Plant</i> .....	55
Gambar 4.14 Berat Basah dan Berat Kering <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 8Sg.....	56
Gambar 4.15 Berat Basah dan Berat Kering <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 6Sg.....	57
Gambar 4.16 Berat Basah dan Berat Kering <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 4Sg4Ec.....	57
Gambar 4.17 Berat Basah dan Berat Kering <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 3Sg3Ec.....	58
Gambar 4.18 Berat Basah dan Berat Kering <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 8Ec.....	58
Gambar 4.19 Berat Basah dan Berat Kering <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 6Ec.....	59

Gambar 4.20 Berat Basah dan Berat Kering <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 4Sg4Ec.....	59
Gambar 4.21 Berat Basah dan Berat Kering <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 3Sg3Ec.....	60
Gambar 4.22 Tinggi <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 8Sg .....	61
Gambar 4.23 Tinggi <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 6Sg .....	62
Gambar 4.24 Tinggi <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 4Sg4Ec .....	62
Gambar 4.25 Tinggi <i>S. grossus</i> Pada Reaktor 3Sg3Ec .....	63
Gambar 4.26 Lebar Daun <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 8Ec.....	64
Gambar 4.27 Lebar Daun <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 6Ec.....	64
Gambar 4.28 Lebar Daun <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 4Sg4Ec.....	65
Gambar 4.29 Lebar Daun <i>E. crassipes</i> Pada Reaktor 3Sg3Ec.....	65
Gambar 4.30 Rasio BOD/COD Pada Awal dan Akhir Penelitian .....	66

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Prosedur Analisa .....	79
Lampiran B Data Hasil Analisa .....	84
Lampiran C Dokumentasi Penelitian .....	92



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Seiring bertambahnya jumlah penduduk, maka bertambah pula kebutuhan manusia akan ketersediaan barang dan jasa. Usaha pencucian pakaian dan alat rumah tangga (laundry) adalah salah satu usaha yang bergerak dibidang jasa. Usaha laundry akhir-akhir ini semakin menjamur di kota-kota besar, khususnya Surabaya. Penggunaan deterjen pada usaha laundry berpotensi menimbulkan dampak negative bagi lingkungan terutama badan air. Semakin maraknya usaha laundry menyebabkan semakin banyaknya limbah laundry yang dihasilkan. Supriyono, dkk (1998) menyatakan bahwa surfaktan yang paling sering digunakan dalam deterjen adalah Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS). Penggunaan LAS sebagai komponen utama penyusun deterjen telah meningkat pesat akhir-akhir ini. Pada tahun 1998 konsumsi LAS di seluruh dunia telah mencapai 2,8 juta ton (Verge, dkk., 2010). Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa LAS adalah salah satu polutan utama dalam deterjen yang berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Untuk mencegah terjadinya pencemaran badan air oleh limbah laundry, maka diperlukan suatu pengolahan untuk mereduksi konsentrasi LAS dalam air limbah laundry.

Salah satu upaya untuk mereduksi konsentrasi LAS dalam air limbah laundry adalah dengan melakukan fitotreatment. Fitotreatment adalah salah satu alternative untuk proses pengolahan air konvensional (Rahman dan Hasegawa, 2011). Menurut Brix (1997), prinsip fitotreatment adalah kemampuan fotosintesis tanaman air untuk melakukan proses biotransform molekul, sehingga dapat memberikan efek purifikasi bagi lingkungan yang tercemar. Kelebihan fitotreatment lainnya adalah mempunyai nilai estetika dan efektif dalam mereduksi zat pencemar. Teknik fitotreatment dalam membersihkan area yang terkontaminasi dengan zat pencemar dapat diterapkan dalam jangka waktu yang lama (Jadia dan Fulekar, 2008).

Salah satu tumbuhan yang digunakan dalam fitotreatment adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Terdapat beberapa penelitian yang menggunakan *E. crassipes* untuk mereduksi konsentrasi BOD dan COD. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Kumari (2013). Dalam penelitiannya, didapatkan hasil bahwa *E. crassipes* mampu mereduksi konsentrasi COD sebesar 48% pada air limbah domestik. *E. crassipes* juga mampu menurunkan konsentrasi surfaktan dalam air limbah laundry. Hal ini terbukti dari penelitian yang dilakukan oleh Rukmi (2013), menyebutkan bahwa konsentrasi surfaktan turun sebesar 19,63%.

Penelitian mengenai kemampuan walingi (*Scirpus grossus*) untuk mereduksi air limbah telah dilakukan oleh Yasril (2009). Dalam penelitiannya, Yasril (2009) mendapatkan hasil bahwa *S. grossus* merupakan tumbuhan hiperakumulator yang dapat digunakan fitoremediasi logam berat. Beberapa kelebihan lain yang dimiliki *S. grossus* adalah tumbuhan ini tumbuh subur pada daerah tropis dan sangat mudah berkembang biak.

Berdasarkan literatur-literatur diatas, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi berupa kombinasi antara tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* untuk meremediasi air limbah laundry. Dalam penelitian ini juga akan dianalisa parameter-parameter lain selain konsentrasi LAS yang sesuai dengan komposisi air limbah laundry.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, diketahui bahwa *E. crassipes* dan *S. grossus* memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi zat pencemar dalam air limbah, namun pengaruh kombinasi penggunaan tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* serta kerapatan tumbuhan terhadap efisiensi penurunan konsentrasi LAS pada air limbah laundry dalam fitotreatment masih belum diketahui.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menentukan efisiensi removal masing-masing tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* dan kombinasi penggunaan keduanya dalam mereduksi konsentrasi LAS yang terdapat dalam air limbah *laundry*,
2. Menentukan pengaruh kerapatan antar tumbuhan *E. Crassipes* dan *S. grossus* dalam mengolah air limbah *laundry*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh kerapatan antar tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* dalam mereduksi konsentrasi LAS yang terdapat dalam air limbah *laundry*,
2. Mengetahui efisiensi removal konsentrasi LAS air limbah *laundry* dengan menggunakan *E. crassipes* dan *S. grossus* terhadap variasi penggunaan tumbuhan untuk remediasi (*single plant* dan *combined plants*)

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup bertujuan untuk membatasi masalah yang dibahas pada penelitian ini. Tugas akhir ini memiliki ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

- Penelitian yang dilakukan adalah penelitian berskala laboratorium dan dilakukan di Laboratorium Sanitasi Lingkungan dan Fitoteknologi, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Air limbah *laundry* yang digunakan adalah limbah artifisial berupa larutan LAS.
- Penelitian akan dilaksanakan mulai bulan Februari – Mei 2015, dimana uji *fitotreatment* akan dilakukan selama 7

(tujuh) minggu, dengan pengamatan parameter 1 (satu) minggu sekali.

- Variabel yang akan digunakan adalah variasi penggunaan tumbuhan untuk *fitotreatment* (*single plant* dan *combined plants*) dan kerapatan tumbuhan dalam 1 (satu) reaktor
- Parameter yang akan diuji adalah :
  - LAS
  - Rasio BOD/COD di awal dan akhir penelitian
  - pH
  - Suhu
  - Morfologi tumbuhan, meliputi:
    - Lebar daun,
    - Tinggi tumbuhan,
    - Berat basah,
    - Berat kering.

## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Air Limbah *Laundry*

Limbah cair adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya atau air buangan yang bersifat kotoran umum (Nurmitha, 2012). Metcalf dan Eddy (1993) menyatakan bahwa air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Deterjen adalah bahan utama yang digunakan dalam usaha *laundry*. Komponen utama yang digunakan dalam deterjen adalah surfaktan (Effendi, 2003). Deterjen yang beredar di pasaran biasa ditambah dengan bahan-bahan lain seperti pengharum, pemutih, enzim, EDTA, preservative seperti *triclosan*, asam, dan basa (Madsen, dkk, 2011). Ciabatti (2010) menyatakan bahwa kebutuhan air untuk industry laundry rata-rata 15 liter untuk memroses 1 kg pakaian dan menghasilkan 400 m<sup>3</sup> limbah cair per hari. Karakteristik limbah *laundry* berdasarkan hasil penelitian Hudori dan Soewondo (2009) dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1 Karakteristik Limbah *Laundry***

No	Parameter	Konsentrasi	Satuan
1	Surfaktan	256,87-363,72	mg/l
2	COD	599,44-754,35	mg/l
3	Fosfat	7,357-7,843	mg/l
4	Kekeruhan	144-759	NTU
5	Ph	8,67-10,53	
6	Konduktivitas	1073-1678	µs/cm
7	Suhu	23,6-26	°C

Sumber: Hudori dan Soewondo, 2009

### 2.1.1 Definisi Surfaktan

Surfaktan-zat aktif permukaan atau *tensides* merupakan bahan organik yang berperan sebagai bahan aktif pada deterjen. Surfaktan mampu menurunkan tegangan permukaan sehingga memungkinkan partikel-partikel yang menempel pada bahan-bahan yang dicuci terlepas dan mengapung atau terlarut dalam air (Effendi, 2003). Connel (1995) menyatakan bahwa kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan cairan, khususnya air, menyebabkan terjadinya pembentukan busa atau gelembung. Surfaktan dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan anion, surfaktan kationik, surfaktan nonionik, dan surfaktan amphoterik (*zwitterionic*) (Effendi, 2003). Untuk keperluan rumah tangga kelompok surfaktan yang biasa digunakan adalah surfaktan anion. Terdapat dua macam surfaktan anion, yaitu Alkil Linear Sulfonate (LAS) dan Alkil Benzene Sulfonate (ABS) (Sastrawijaya, 1991).

### 2.1.2 Definisi Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS)

ABS sempat dijadikan sebagai komponen utama pembuat deterjen, namun sangat tidak menguntungkan karena ternyata sangat lambat terurai oleh bakteri pengurai karena adanya rantai bercabang pada struktur ABS. ABS tidak dapat terurai secara biologis, perairan yang terkontaminasi oleh ABS akan dipenuhi oleh busa (Achmad, 2004). LAS mulai menggantikan ABS karena sifatnya yang *biodegradable* (Fessenden, 1986). Sejak LAS menggantikan penggunaan ABS dalam deterjen, masalah-masalah lingkungan yang timbul telah banyak dikurangi (Ahmad, 2004).

Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS) adalah adalah kelompok surfaktan anionic yang memiliki sifat hidrofilik dan hidrofobik (Jensen, 1999). LAS merupakan bentuk surfaktan yang paling banyak digunakan dalam deterjen karena sifatnya yang sangat biodegradable. LAS terdiri dari rantai panjang alkil, kelompok sulfonate, dan cincin benzen. LAS akan lebih mudah terurai dalam

kondisi aerobik. LAS yang dibiarkan dalam kondisi aerobik akan terurai dengan sendirinya dalam waktu 1-87 hari (Scott dan Malcolm, 2000).

Prosentase LAS yang terdapat dalam air limbah domestik maupun air limbah industri adalah sebesar 40% (Scott dan Malcolm, 2000; Verge, dkk., 2001). Effendi (2003) menyatakan bahwa kadar LAS 1 mg/l dapat mengakibatkan terbentuknya busa di perairan. Meskipun hal ini tidak bersifat toksik, surfaktan menimbulkan rasa pada air dan dapat menurunkan absorpsi oksigen di perairan. Connel (1995) menyatakan bahwa perubahan dalam komunitas biota air sudah tidak dapat terdeksi apabila air sudah tercemar oleh LAS sebanyak 1—4 ppm. LAS adalah pencemar yang bersifat toksik sehingga dapat merusak ekosistem badan air. Konsentrasi LAS dalam badan air dapat berkurang karena sifatnya yang mudah terbiodegradasi.

## **2.2 Undang-Undang Mengenai Baku Mutu Air Limbah Laundry**

Peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang baku mutu air limbah domestik di Indonesia adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya. Konsentrasi maksimal dari setiap parameter pencemar yang diperbolehkan disajikan dalam Tabel 2.2.

## **2.3 *Fitotreatment***

### **2.3.1 Definisi *Fitotreatment***

*Fitotreatment* merupakan pemulihan kualitas lingkungan tercemar menggunakan tumbuhan sehingga fungsi alam dapat berjalan sebagaimana mestinya. Pengolahan air, tanah, dan sedimen tercemar menggunakan tumbuhan telah berkembang dan terdata dengan baik. Penelitian terkait kapasitas tumbuhan dalam mengolah media tercemar mulai dilakukan secara intensif (Mangkoedihardjo, 2007). *Fitotreatment* adalah upaya



penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara

**Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik Untuk Kegiatan Laundry**

<b>BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK UNTUK KEGIATAN LAUNDRY</b>		
<b>Volume Air Limbah Maximum per satuan produk 16 liter/kg cucian</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Kadar (mg/l)</b>	<b>Maksimum</b>
BOD <sub>5</sub>	100	
COD	250	
TSS	100	
Minyak dan Lemak	10	
MBAS (Detergent)	10	
pH	6-9	

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

ex-situ menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun in-situ (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Subroto, 1996). *Fitotreatment* merupakan salah satu bentuk implementasi dari fitoteknologi, yaitu teknologi yang menggunakan tumbuhan untuk mendegradasi, mentransformasi, mengasimilasi, memetabolisasi, dan mendetoksifikasi pencemaran pada tanah, air, dan udara (Yang, 2008)

Teknologi ini muncul untuk untuk perbaikan lingkungan dengan keunggulan yaitu murah, cocok digunakan untuk berbagai jenis kontaminan dalam berbagai media. *Fitotreatment* dapat digunakan untuk mengatasi kontaminan anorganik seperti arsenik, berbagai garam dan nutrient, dan berbagai kontaminan organaik, termasuk bahan peledak, hidrokarbon, dan pestisida (Hayati, 2005). Chaney, 1995 dalam Hayati, 2005 menyatakan bahwa

*fitotreatment* didefinisikan sebagai pencucian polutan oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi, atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya.

Penerapan *fitotreatment* untuk mengolah limbah memiliki beberapa keuntungan, antara lain: efisiensi removal polutan yang cukup tinggi, hemat energi, biaya perawatan murah, tidak menghasilkan polutan, ramah lingkungan, serta penerapan sekaligus menyebabkan terjadinya pengkonservasian terhadap sumber daya alam (Yang, 2008). Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman digunakan dengan dampak negatif kecil, memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan, dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat. Keuntungan paling besar dalam penggunaan *fitotreatment* adalah biaya operasi yang lebih murah. (Fahrudin, 2010)

### **2.3.2 Mekanisme *Fitotreatment***

*Fitotreatment* sangat baik untuk diterapkan pada lahan yang tercemar zat-zat organik dan logam berat. Mekanisme *fitotreatment* terjadi dalam 5 proses, yaitu: Fitotransformasi, Rhizoremediasi, Fitostabilisasi, Fitoekstraksi, dan Rhizofiltrasi (Zhang, 2010). Menurut Mangkoedihardjo dan Samudro (2010), zat cair dalam lingkungan media tumbuh direspon oleh tumbuhan melalui beberapa proses, yaitu fitostabilisasi, rizofiltrasi, rizodegradasi, fitoekstraksi, fitodegradasi, dan fitovolatilisasi. Penjelasan dari masing-masing proses tersebut yaitu:

- Fitostabilisasi

Fitostabilisasi adalah proses imobilisasi kontaminan dalam tanah. Perpindahan kontaminan disebabkan terbawa aliran air tanah melalui proses kapiler serta sebagai akibat proses transpirasi tumbuhan. Fitostabilisasi biasanya terjadi pada area yang terkontaminasi logam seperti timbah, kromium, dan

merkuri. Fitostabilisasi juga dapat terjadi pada kontaminasi zat organik karena beberapa zat organik dapat melekat dan berkumpul dalam jaringan tubuh tumbuhan, contohnya lignin (Harms dan Langebartels, 1986).

- Rizofiltrasi

Rizofiltrasi atau yang juga dikenal sebagai fitofiltrasi adalah perpindahan dari kontaminan oleh akar tumbuhan melalui proses adsorpsi atau presipitasi pada akar tumbuhan atau absorpsi dalam akar tumbuhan. Bagian akar tumbuhan dapat memproduksi kondisi biogeokimia yang mendukung proses presipitasi kontaminan oleh akar tumbuhan. Kontaminan dapat tertinggal pada akar tumbuhan atau naik dan bertranslokasi dalam jaringan tubuh tumbuhan yang lain, tergantung dari jenis kontaminan tersebut, konsentrasinya, dan spesies tumbuhan (Pivetz, 2001).

- Rizodegradasi

Rizodegradasi adalah proses penguraian kontaminan yang terjadi secara alami akibat peranan akar tumbuhan. Kontaminan organik dalam tanah dapat dipecah atau dimineralisasi menjadi zat-zat anorganik seperti karbon dioksida dan air oleh aktivitas mikroba pada akar tumbuhan. Proses mikrobiologis ini juga dapat terjadi pada kontaminan anorganik serta logam berat (Pivetz, 2001)

- Fitoekstraksi

Fitoekstraksi juga dikenal sebagai fitoakumulasi atau fitoabsorpsi. Fitoekstraksi adalah proses penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan yang kemudian diakumulasikan pada jaringan tubuh tumbuhan. Tumbuhan melakukan proses akumulasi pada kontaminan berupa logam (Contoh: Ag, Cd, Co, Cr, cu,

Hg, Mn, Mo, Ni,Pb, Zn), metalloid (Contoh: As, Se). radionuklida (Contoh:  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ), dan non-logam (contoh: B). Proses akumulasi ini biasanya tidak terjadi pada pada kontaminan yang berupa zat organik karena zat organik yang diserap oleh tumbuhan akan digunakan sebagai bahan untuk metabolisme tumbuhan dan divolatilisasi oleh tumbuhan. Namun beberapa riset menunjukkan terdapat tumbuhan yang mengakumulasi zat organik dalam bagian tubuhnya (Salt et al., 1995; Kumar et al., 1995; Cornish et al., 1995; Banuelos et al., 1999).

- Fitodegradasi

Fitodegradasi disebut juga sebagai fitotransformasi. Fitodegradasi adalah proses degradasi kontaminan sebagai lanjutan dari proses penyerapan dan proses metabolik yang dilakukan tumbuhan. Fitodegradasi tidak bergantung pada kehadiran mikroorganisme seperti yang terjadi pada rizodegradasi. Fitodegradasi dapat terjadi pada kontaminan seperti zat organik, limbah yang mengandung klorin, insektisida, dan zat anorganik (Pivetz, 2001)

- Fitovolatilisasi

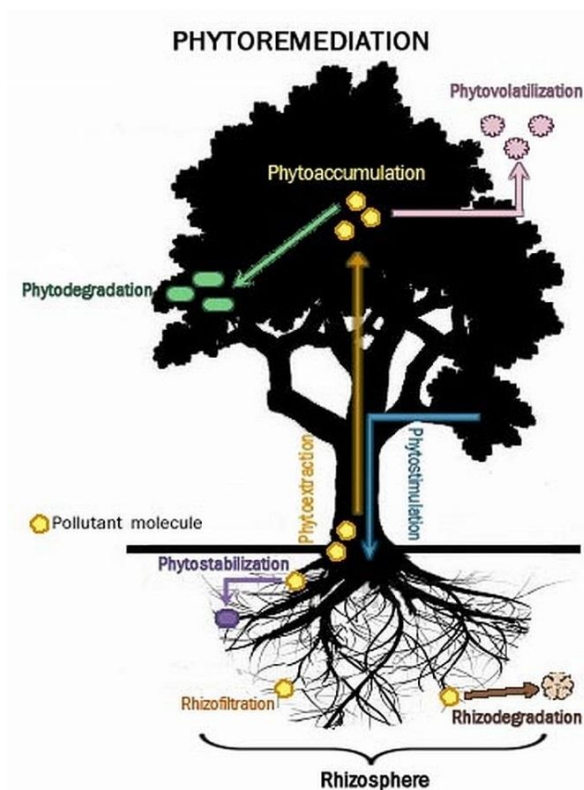
Fitovolatilisasi adalah penyerapan dan pelepasan kontaminan ke atmosfer oleh tumbuhan. Struktur kimia dari kontaminan yang diserap oleh tumbuhan dapat berubah sebelum lepas ke atmosfer (Pivetz, 2001)

Mekanisme proses *fitotreatment* disajikan dalam Gambar 2.1

## **2.4 Tumbuhan Air**

### **2.4.1 Jenis-Jenis Tumbuhan Air**

Menurut Case (1994), Hammer (1995) , dan Moddy (1993), berdasarkan habitat dan karakteristik nya, tumbuhan air dapat dibagi empat golongan, yaitu:



**Gambar 2.1 Mekanisme Fitoremediasi**

Sumber: Velazquez-Fernandez, 2012

1. Tumbuhan air penghuni bagian tepi perairan (*Marginal Emergent Aquatic Plant*)  
Tumbuhan yang termasuk golongan ini adalah tumbuhan air yang hidup pada bagian tepi suatu perairan. Jenis ini dapat hidup pada bagian perairan yang dangkal sampai bagian yang tidak tergenang oleh air, sesuai dengan bentuk akar, batang, dan daunnya. Contoh tumbuhan air

dari golongan *Marginal Aquatic Plant* diantaranya adalah tumbuhan *Typha latifolia*, *Scirpus validus*, dan *Iris pseudocous*

2. Tumbuhan air penghuni bagian permukaan (*Floating Aquatic plant*)

Tumbuhan air jenis ini hidup terapung di permukaan perairan dengan akar yang melayang di dalam air. Tumbuhan ini mempunyai bentuk akar yang memungkinkan tumbuhan tersebut untuk menyerap zat-zat yang diperlukan terutama bahan terlarut dan melayang yang ada di perairan. Contoh tumbuhan yang termasuk dalam golongan ini adalah *Azolla*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes*, dan *Eichhornia crassipes*.

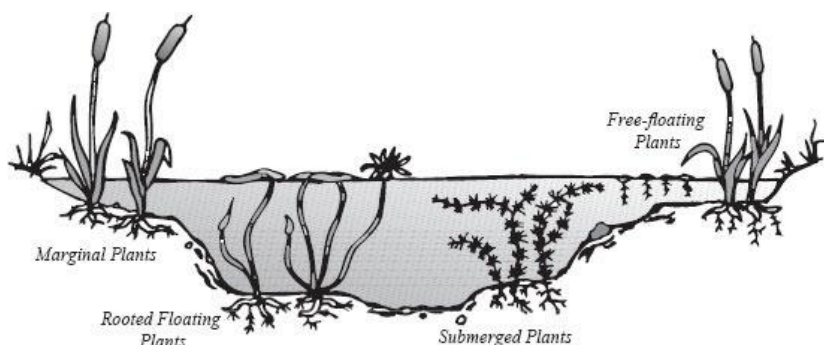
3. Tumbuhan air yang hidup melayang di dalam perairan (*Submerged Aquatic Plant*)

Tumbuhan air yang tergolong *Submerged Aquatic Plant* adalah tumbuhan yang hidup di dalam perairan dengan seluruh bagian tubuhnya terendam air. Akar dari tumbuhan air jenis ini dapat menyentuh dasar perairan, namun sebagian besar diantaranya melayang. Posisinya di dalam perairan sangat menunjang fungsinya untuk menjadi saringan (*filter*) bagi berbagai jenis bahan terlarut yang ada di dalam perairan. Contoh tumbuhan air yang termasuk jenis ini antara lain adalah *Hydrilla*, *Chara*, dan *Myriophyllum aquaticum*.

4. Tumbuhan air yang hidup pada dasar perairan (*Rooted Floating Plant*)

Tumbuhan air yang tumbuh pada dasar perairan mempunyai akar yang tertanam kuat pada bagian dasar tersebut, sedangkan batangnya berdiri tegak menopang daun dan Bungan yang muncul pada permukaan air. Tinggi dan posisi batang biasanya tergantung pada kedalaman perairan tempat hidupnya. Sehingga akan dijumpai tinggi batang serta posisi tumbuhan yang berbeda-beda. Contoh tumbuhan air yang termasuk jenis ini antara lain adalah *Nuphar* dan *Nymphaea*.

Gambar jenis-jenis tumbuhan air disajikan pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2 Jenis-Jenis Tumbuhan Air**

Sumber: <https://pubs.ext.vt.edu/426/426-044.html>

#### **2.4.2 Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)**

Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) merupakan tumbuhan air yang mengapung dengan perakaran yang tergantung di dalam air sedangkan daun-daunnya yang berwarna hijau cerah berada di atas permukaan air, dengan bunga warna ungu (Gambar 2.2) dan diduga eceng gondok berasal dari Brazil daerah Amazone yang kemudian menyebar keseluruh dunia (Polprasert, 1989 dan Becker *et al*, 1989 dalam Salundik, 1998).

Klasifikasi eceng gondok adalah sebagai berikut:

*Divisi* : *Spermatophyta*  
*Kelas* : *Monocotyledons*  
*Ordo* : *Farinosae*  
*Family* : *Pontederiaceae*  
*Genus* : *Eichornia*  
*Spesies* : *Eichornia crassipes*

Tanaman ini mempunyai daya adaptasi lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan air lainnya dan umumnya hidup di sungai dan kanal. Nama lain eceng gondok dalam bahasa melayu adalah *etjeng padi* dan *keladi bunting* (Waterhause, 1994 dalam Salundik, 1998). Menurut Mitchell (1974) eceng gondok tergolong

*pleuston*, tumbuhan air yang terbesar yang hidup mengapung bebas di permukaan air atau dapat tumbuh di tanah basah sebagai *obligate acropleusphyte* (Dinges, 1982) dan kebanyakan hidup di perairan yang tenang atau mengalir lambat (Soerjani dan Widyanto, 1977).

Menurut Rahman (2011) *E. crassipes* merupakan tumbuhan yang mengambang di air dan tumbuh subur di daerah yang beriklim tropis. *E. crassipes* memiliki toleransi yang tinggi untuk hidup pada lingkungan yang tercemar. Priya dan Selvan (2014) juga menyatakan bahwa *E. crassipes* memiliki kemampuan biosorpsi yang tinggi untuk mengakumulasi polutan dalam air yang tercemar. Srivastava (2014) menyarankan *E. crassipes* untuk digunakan dalam fitoremediasi karena sifatnya yang mampu mengakumulasi polutan penyebab pencemaran air. *E. crassipes* juga merupakan tumbuhan yang mudah berkembang biak dan memiliki biomassa yang besar.

Menurut Santiago (1973) eceng gondok dapat tumbuh di kedalaman 0-30 cm. Pertumbuhan optimal terdapat pada perairan dangkal sehingga tumbuhan dapat mengapung dengan akar mencapai dasar perairan yang berlumpur. Eceng gondok berakar serabut yang tak bercabang, mempunyai tudung akar yang mencolok. Sistem perakaran eceng gondok umumnya lebih dari 50% dari seluruh biomassa tumbuhan. Akar berfungsi untuk mengisap atau menyerap makanan dan sebagai pegangan bagi yang tumbuh di tempat-tempat yang dangkal (Schulthorpe, 1967 dalam Nolde A, 2012). Gambar *E. crassipes* disajikan pada Gambar 2.3

### **2.4.3 Walingi (*Scirpus grossus*)**

*Scirpus grossus* merupakan tumbuhan berdaun sempit dan berbatang mendong(calamus) seperti rumput, namun mempunyai ruas-ruas yang lebih panjang dan berbentuk segitiga. Tumbuhan ini umumnya berkembang biak secara vegetatif dan generative. Organ perkembangbiakan tumbuhan ini berupa stolon yang menjalar di dalam tanah. Pada setiap ruas tumbuhan ini, dapat tumbuh tunas dan akar yang menjadi individu baru. Tumbuhan ini hidup pada daerah rawa-rawa yang tergenang air





**Gambar 2.3 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

tawar seperti kolam dan sawah. Tumbuhan ini juga mampu hidup sampai ketinggian 800 meter di atas permukaan laut. Ketinggian tumbuhan ini antara 0,80 – 2 meter dan sering ditemukan dalam jumlah besar secara berkelompok (Heyne, 1987). Berikut ini adalah klasifikasi tumbuhan walingi (*S. grossus*):

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Cyperales
Famili	: Cyperaceae
Genus	: <i>Scirpus</i>
Spesies	: <i>Scirpus grossus</i>

*S. grossus* merupakan tumbuhan hiperakumulator yang dapat digunakan untuk fitoremediasi (Tangahu, 2011). Dalam penelitian yang dilakukan Yasril (2009) didapatkan hasil bahwa *S. grossus* mampu mereduksi konsentrasi BOD dan COD yang terdapat dalam limbah cair hingga 90%. Gambar *S. grossus* disajikan dalam Gambar 2.4.

## 2.5 Studi Terdahulu

### 2.5.1 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Agen Fitoremediasi



**Gambar 2.4 Walingi (*Scirpus grossus*)**

Zimmels et al (2006) menyatakan bahwa eceng gondok (*E. crassipes*) memiliki efisiensi removal terbesar dalam mereduksi zat-zat polutan, apabila dibandingkan dengan tumbuhan air lainnya. Hal ini disebabkan karena laju pertumbuhan *E. crassipes* yang lebih tinggi jika dibandingkan tumbuhan air lainnya, serta sistem perakaran *E. crassipes* yang memungkinkan mikroorganisme untuk hidup dan tumbuh. Sistem perakaran *E. crassipes* yang demikian menjadikan akar tumbuhan tersebut sebagai alat penyerap polutan dan partikel terlarut.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kumari (2013), didapatkan bahwa efisiensi removal *E. crassipes* dalam mereduksi konsentrasi BOD<sub>5</sub> limbah domestik adalah sebesar 49,8% dan efisiensi removalnya terhadap konsentrasi COD limbah domestik adalah 48%. Rukmi (2013) menyatakan dalam penelitiannya bahwa *E. crassipes* mampu menurunkan konsentrasi COD hingga 18,11 % serta konsentrasi surfaktan hingga 19,63%. Daun *E. crassipes* yang lebar serta area jangkauan akarnya yang cukup luas menyebabkan tingginya

kemampuan absorpsi tumbuhan tersebut terhadap zat-zat polutan (Ayyasamy, 2009).

### **2.5.1 Walingi (*Scirpus grossus*) Sebagai Agen Fitotreatment**

*S. grossus* merupakan tumbuhan yang mampu bertahan pada lingkungan yang tercemar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Al-Baldawi (2012), diketahui bahwa *S. grossus* mampu hidup pada area yang tercemar oli diesel dengan konsentrasi sebesar 17400 mg/l. Dalam penelitian ini juga diketahui bahwa *S. grossus* mampu mereduksi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH-D) hingga 80,2%. Sundari dkk (2013) menyatakan bahwa *S. grossus* memiliki potensi untuk mengurangi konsentrasi nitrat dan ortofosfat hingga 90% setelah enam hari inkubasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tangahu (2013) bahkan diketahui bahwa *S. grossus* mampu mereduksi konsentrasi timbal (Pb) sebesar 99,7-100%.

### **2.5.3 Pengaruh Variasi Tumbuhan (*Single Plant* dan *Combined Plant*) Dalam Fitotreatment**

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kumari (2013), telah dibuktikan bahwa sistem *combined plant* memberikan pengaruh berupa efisiensi removal terhadap konsentrasi polutan yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *single plant*. Dalam penelitiannya, Kumari (2013) mengkombinasikan dua tumbuhan tumbuhan akuatik, yaitu *E. crassipes* dan *Salvinia natans* untuk meremediasi air limbah domestik. Parameter yang dianalisa dalam penelitiannya adalah konsentrasi BOD<sub>5</sub>, COD, NO<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub>. Efisiensi removal dengan sistem *combined plant* dalam mereduksi konsentrasi COD lebih besar 1-2% dibandingkan dengan sistem *single plant*.

### **2.5.4 Pengaruh Kerapatan Tumbuhan Dalam Fitotreatment**

Irawanto (2015) menyatakan bahwa kerapatan tumbuhan mempengaruhi efektivitas proses fitotreatment. Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa jumlah tumbuhan 5 individu

per reaktor mampu mengakumulasi lebih banyak konsentrasi timbal (Pb) dan kadmium (Cd) daripada jumlah tumbuhan 3 individu per reaktor. Irawanto (2015) juga menyatakan bahwa kemampuan hidup tumbuhan sebanyak 5 individu per reaktor lebih besar dari kemampuan hidup tumbuhan sebanyak 3 individu per reaktor. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rukmi (2013) didapatkan bahwa efisiensi removal penurunan konsentrasi surfaktan oleh *E. crassipes* dengan masing-masing kerapatan 25%, 50%, dan 100% adalah sebesar 3,81%, 18,94%, dan 19,63%.

Ringkasan hasil studi terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3 Review Penelitian Terdahulu**

Jenis Tumbuhan	Pencemar	Konsentrasi	Efisiensi	Rujukan
<i>Scirpus grossus</i>	TPH-D	17400 mg/l	80,2%	Al-Baldawi, 2012
<i>Eichhornia crassipes</i>	Surfaktan limbah laundry	58,52 mg/l	19,63%	Rukmi, 2013
<i>Scirpus grossus</i> dan <i>Eichhornia crassipes</i>	Surfaktan limbah laundry	100 mg/l	Belum diketahui	Penelitian ini, 2015

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian adalah pedoman penelitian agar dapat terlaksana sesuai apa yang telah direncanakan. Penelitian ini membahas mengenai efisiensi *fitotreatment* menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan walingi (*Scirpus grossus*) untuk mereduksi konsentrasi LAS dalam air limbah *laundry*. Air limbah *laundry* yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah artifisial berupa larutan LAS. Sebelum melakukan penelitian utama, akan dilakukan penelitian pendahuluan, yaitu aklimatisasi tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* dan *range finding test* untuk menentukan konsentrasi maksimum LAS yang dapat diterima *E. crassipes* dan *S. grossus*.

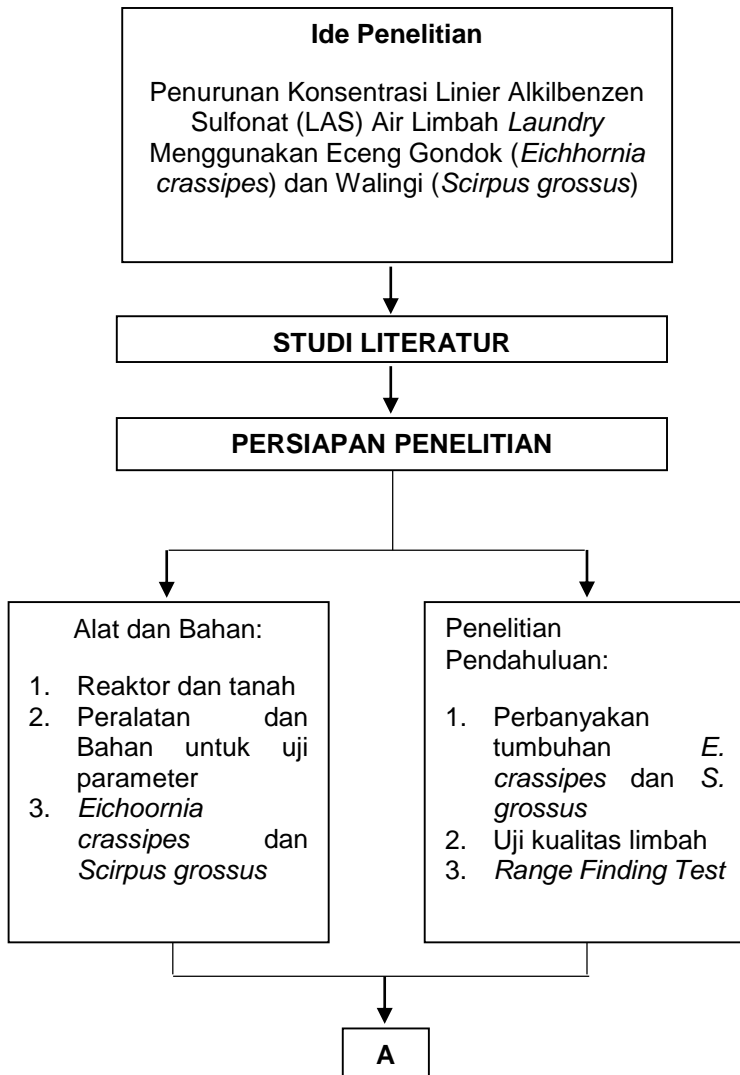
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi jenis tumbuhan (*single plant* dan *combined plant*) dan kerapatan antar tumbuhan dalam satu reaktor. Parameter yang diuji adalah konsentrasi LAS, BOD/COD rasio, pH, suhu, dan morfologi tumbuhan yang meliputi lebar daun, tinggi tumbuhan, berat basah, serta berat kering.

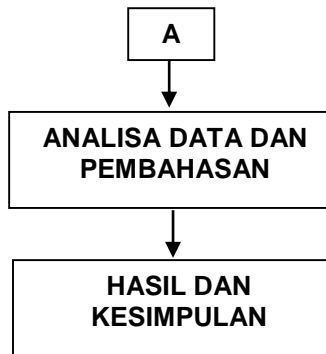
#### **3.1 Kerangka Penelitian**

Tujuan dibuatnya metode penelitian adalah agar penelitian yang dilakukan berjalan sesuai dengan struktur waktu yang ditentukan. Metode penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian. Kerangka penelitian memuat alur atau prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1

#### **3.2 Langkah Penelitian**

Langkah penelitian adalah penjabaran mengenai tahapan kerja yang akan dilakukan selama penelitian berlangsung. Tujuan dari pembuatan langkah penelitian adalah untuk memudahkan pemahaman dan penjelasan lebih rinci melalui deskripsi tiap





**Gambar 3.1 Kerangka Penelitian**

tahapan kerja. Tahapan kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **1. Ide Penelitian**

Adanya permasalahan melatarbelakangi terciptanya ide penelitian. Ide penelitian didapatkan apabila tingkat *urgency* suatu permasalahan tersebut tinggi. Penelitian kali ini membahas mengenai penurunan konsentrasi LAS air limbah *laundry* menggunakan tumbuhan eceng gondok (*E. crassipes*) dan walingi (*S. grossus*). Air limbah *laundry* yang digunakan adalah air limbah asli yang diambil dari salah satu usaha jasa laundry di Kota Surabaya. Pada penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu variasi jenis tumbuhan (*single plant* dan *combined plant*) dan kerapatan antar tumbuhan dalam satu reaktor. Pada akhirnya akan dikaji berapa efisiensi reduksi konsentrasi LAS oleh tumbuhan *E. crassipes*, *S. grossus*, dan kombinasi keduanya serta keefektifan fitoremedisi dengan kerapatan antar tanaman yang berbeda.

### **2. Studi Literatur**

Tahap studi literatur bertujuan untuk membantu dan mendukung dalam pelaksanaan penelitian, serta dapat



meningkatkan pemahaman terhadap penelitian. Studi literatur yang dilakukan harus sesuai dengan ide penelitian karena pada intinya dalam pelaksanaan ide penelitian membutuhkan sumber ilmu untuk proses penelitian. Sumber literatur yang digunakan adalah berupa jurnal internasional, jurnal nasional, makalah seminar, dan *text book* yang berhubungan dengan penelitian. Hal-hal yang akan dipelajari dalam studi literatur antara lain:

1. Karakter dan komposisi LAS
2. Karakteristik tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus*
3. Kemampuan tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* dalam *fitotreatment*

### 3. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini dipilih dua variabel penelitian, yaitu variasi jenis tumbuhan (*single plant* dan *combined plant*) dan kerapatan antar tumbuhan dalam satu reaktor. Untuk variasi kombinasi tumbuhan, rasio perbandingan jumlah masing-masing jenis tumbuhan adalah 1:1.

Variabel penelitian secara jelas disajikan dalam Tabel 3.1

**Tabel 3.1 Variabel Penelitian**

Variasi jenis tumbuhan	Kerapatan antar tumbuhan	
	X/reaktor	Y/reaktor
A	AX	AY
B	BX	BY
C	CX	CY

Keterangan:

A = *E. crassipes*

X = 6 tumbuhan

B = *S. grossus*

Y = 8 tumbuhan

C = kombinasi kedua tumbuhan dengan rasio perbandingan 1:1 berdasarkan jumlah tumbuhan.

#### 4. Persiapan Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan antara lain:

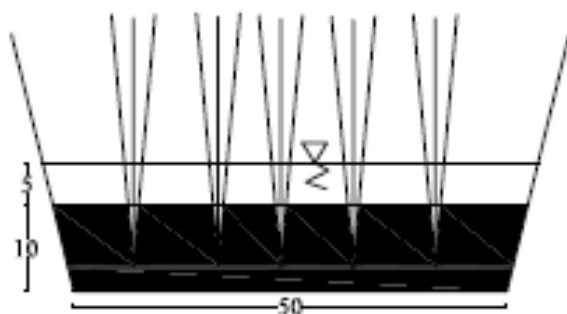
- Peralatan pengambilan air limbah *laundry*
- Peralatan pengamatan dan analisis parameter
- Reaktor berukuran 60 L untuk aklimatisasi
- Reaktor berukuran 60 L *range finding test* (lihat Gambar 3.2)
- Reaktor untuk uji *fitotreatment* (lihat Gambar 3.3). Jumlah reaktor adalah 12 buah dengan rincian seperti yang disajikan pada Tabel 3.2

**Tabel 3.2 Rincian Reaktor**

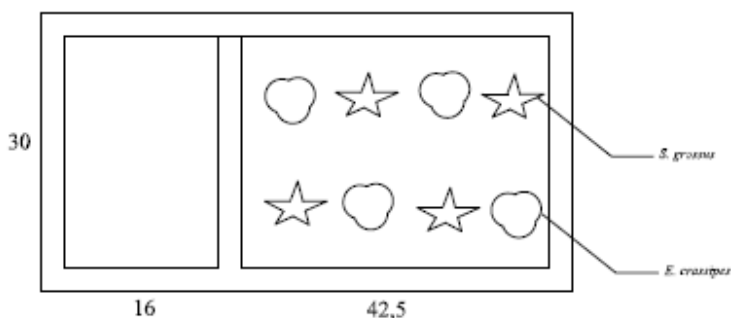
Nama Reaktor	Jenis Tumbuhan	Kerapatan
8Ec	<i>E. crassipes</i>	8 tumbuhan per reaktor
6Ec	<i>E. crassipes</i>	6 tumbuhan per reaktor
8Sg	<i>S. grossus</i>	8 tumbuhan per reaktor
6Sg	<i>S. grossus</i>	6 tumbuhan per reaktor
4Sg4Ec	<i>E. crassipes</i> dan <i>S. Grossus</i>	8 tumbuhan per reaktor
3Sg3Ec	<i>E. crassipes</i> dan <i>S. Grossus</i>	6 tumbuhan per reaktor

- Reaktor kontrol uji *fitotreatment* untuk tumbuhan tanpa limbah sebanyak 6 (enam) buah dengan rincian sama dengan reaktor uji *fitotreatment*
- Reaktor kontrol uji *fitotreatment* untuk limbah dan tanah tanpa tumbuhan sebanyak 1 (satu) buah
- Reaktor kontrol uji *fitotreatment* untuk limbah tanpa tanah dan tumbuhan sebanyak 1 (satu) buah

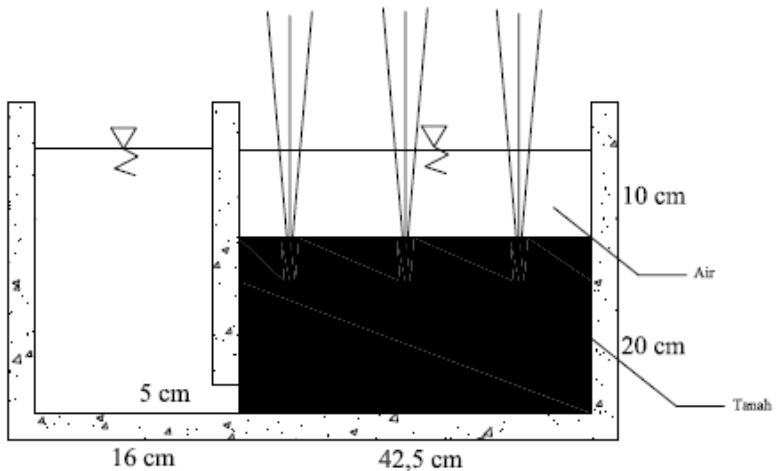
Reaktor range finding test dapat dilihat pada Gambar 3.2, sedangkan gambar reaktor *fitotreatment* dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4.



**Gambar 3.2 Reaktor *Range Finding Test***



**Gambar 3.3 Tampak Atas Reaktor *Fitotreatment***



**Gambar 3.4 Tampak Samping Reaktor *Fitotreatment***

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus*
- Ail limbah *laundry*
- Media tumbuh berupa tanah
- Bahan untuk analisa parameter LAS dan rasio COD/BOD.

### 1. Penelitian Pendahuluan

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan di *green house* Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *E. crassipes* dan *S. grossus* didapatkan dengan cara diambil langsung dari sumbernya. Selanjutnya dilakukan tahap aklimatisasi dengan cara mengambil masing-masing tumbuhan yang telah dewasa dan menanamnya pada reaktor aklimatisasi. Tujuan pada tahap ini adalah didapatkan tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* yang telah beradaptasi pada media yang akan digunakan pada *range finding test* dan penelitian utama (uji *fitotreatment*). *E. crassipes*

dan *S. grossus* yang sesuai dengan kriteria analisis tumbuhan akan diambil untuk penelitian. *E. crassipes* dan *S. grossus* kemudian akan dipindahkan dalam reaktor *range finding test* dan uji *fitotreatment*. Aklimatisasi tumbuhan dilakukan dalam bak bervolume 60 L. Media pada tahap aklimatisasi sesuai dengan pada reaktor penelitian utama yaitu terdiri dari air dengan volume yang sama. Perlakuan yang dilakukan dalam tahap ini adalah penyiraman dengan air PDAM setiap hari.

Hal yang selanjutnya dilakukan setelah tahap aklimatisasi adalah uji kualitas air limbah *laundry* di laboratorium. Tujuannya adalah untuk mengetahui konsentrasi LAS, COD, pH, dan suhu air limbah *laundry* yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian. Air limbah *laundry* diambil dari salah satu usaha *laundry* di Kota Surabaya. Pengambilan air limbah *laundry* dilakukan sebanyak tiga hari. Berdasarkan hasil uji kualitas yang didapatkan rata-rata konsentrasi LAS pada air limbah *laundry* dan akan dibuat 5 variasi konsentrasi yang berbeda untuk tahap *range finding test*.

Sebelum melakukan *range finding test*. Terlebih dahulu dilakukan pembuatan limbah *laundry* artifisial berupa larutan LAS. Larutan LAS dibuat dengan cara menimbang sebanyak 10 gram deterjen bubuk yang mengandung LAS dan dilarutkan kedalam 1 liter air PDAM. Larutan LAS kemudian dianalisa kadar surfaktannya dengan metode MBAS (*Methylene Blue Active Substance*), setelah itu dilakukan pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi LAS yang diinginkan.

*Range finding test* adalah tes yang dilakukan untuk mengetahui batasan konsentrasi larutan LAS agar tumbuhan tetap hidup dan dapat melakukan proses pengolahan. *Range finding test* dilakukan yaitu dengan membuat variasi konsentrasi air limbah yang kemudian diujikan pada tumbuhan pengolah. Reaktor yang digunakan dalam tahap *range finding test* adalah bak berukuran 60 L. *Range finding test* dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali, yaitu: *range finding test S. grossus*, *range finding test E. crassipes*, dan *range finding test* kombinasi *S. grossus* dan *E. crassipes* (*combined plant*). Tumbuhan yang digunakan pada tahap ini yaitu tumbuhan hasil dari tahap aklimatisasi sebelumnya. *USEPA Guidelines Part 797.1050* menyatakan bahwa banyak konsentrasi yang divariasikan pada tahap *range finding test* yaitu 5 konsentrasi, dengan rentang variasi

mengikuti deret geometrik. *Range finding test* berlangsung selama 7 hari sesuai dengan *USEPA Guidelines Part OPPTS 850.4400*. Hasil dari *range finding test* nantinya dijadikan acuan menentukan konsentrasi limbah yang digunakan untuk *fitotreatment*. Reaktor untuk *range finding test* disajikan pada Gambar 3.2. Pada tahap *Range Finding Test* untuk variasi *single plant* ini diambil 3 tumbuhan *S. grossus* dan 3 tumbuhan *E. crassipes* masing-masing berumur 1 bulan dan ditanam dalam reaktor *range finding test* berupa bak plastik berdiameter 50 cm dengan ketinggian 30 cm. Untuk *range finding test* pada variasi *combined plant*, dalam satu reaktor ditanam 3 tumbuhan *S. grossus* dan 3 tumbuhan *E. crassipes*. Media tanam yang digunakan untuk tahap *range finding test* pada *S. grossus* adalah tanah taman seberat 4 kg dan limbah artifisial sebanyak 5 liter. Untuk tahap *range finding test* pada *combined plant* media yang digunakan adalah tanah taman seberat 8 kg dan limbah artifisial sebanyak 10 liter. Sedangkan untuk *range finding test* pada *E. crassipes* adalah limbah artifisial sebanyak 5 liter.

## 1. Pelaksanaan Uji *Fitotreatment*

Pelaksanaan uji *fitotreatment* dilakukan secara duplo. Pengamatan parameter dilakukan 1 (satu) kali dalam 1 (satu) minggu selama 7 (tujuh) minggu. Berikut ini adalah parameter yang akan diamati selama penelitian berlangsung:

- Konsentrasi LAS pada air dalam reaktor penelitian
- pH pada air dalam reaktor penelitian
- Suhu dalam reaktor
- Morfologi tumbuhan, meliputi:
  - o Lebar daun
  - o Tinggi tumbuhan
  - o Berat basah
  - o Berat kering

Langkah pelaksanaan uji *fitotreatment* adalah dengan menyiapkan reaktor uji *fitotreatment* sesuai variabel yaitu sejumlah 6 (enam) reaktor dilakukan duplo, sehingga jumlah reaktor uji *fitotreatment* total adalah 12 buah lengkap dengan media tumbuh (kerikil, pasir, dan air limbah *laundry*). Disiapkan juga 8 (delapan) buah reaktor

kontrol juga disiapkan dengan keterangan sebagai berikut 6 (enam) buah reaktor kontrol dengan media tumbuh berupa tanah dan air PDAM dengan tumbuhan, 1 (satu) buah reaktor kontrol dengan media tumbuh berupa tanah dan air limbah *laundry* tanpa tumbuhan, 1 (satu) buah reaktor kontrol dengan tanpa media tumbuh dan air PDAM dengan tumbuhan. Masing- masing reaktor uji *fitotreatment* ditanami tumbuhan *E. crassipes* dan *S. grossus* sesuai dengan variasi jenis tumbuhan dan kerapatan. Pengujian parameter dilakukan 1 (satu) minggu sekali selama 7 (tujuh) minggu. Uji *fitotreatment* berlangsung selama 7 minggu (49 hari). Reaktor yang digunakan pada uji *fitotreatment* terbuat dari semen. Media tumbuh uji *fitotreatment* *S. grossus* dan *combined plant* adalah tanah taman seberat 8 kg dan larutan LAS dengan ketinggian 10 cm diatas permukaan tanah (12 liter). Media tumbuh uji *fitotreatment* *E. crassipes* adalah larutan LAS sebanyak 12 liter. Pada tahap persiapan uji *fitotreatment* masing-masing berat tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes* ditimbang terlebih dahulu. Dalam tahap uji *fitotreatment*, masing-masing tumbuhan harus memiliki berat basah yang sama.

## 2. Analisis Parameter

Parameter yang dipilih akan diamati setiap 3 (tiga) hari sekali. Berikut ini adalah parameter yang akan diamati dalam penelitian ini:

1. Analisa LAS sesuai dengan SNI 06-6989.51-2005 dapat dilihat pada lampiran A
2. Analisa rasio BOD/COD pada awal akhir penelitian sesuai dengan SNI 6989.72:2009 dan SNI 6989.73:2009 dapat dilihat pada lampiran A
3. Analisa pH sesuai dengan SNI 06-6989.11-2004 dapat dilihat pada lampiran A
4. Analisis suhu sesuai dengan SNI 06-6989.23-2005 dapat dilihat pada lampiran A
5. Analisa morfologi tumbuhan, meliputi:
  - Lebar daun
  - Tinggi tumbuhan (Lestari, dkk)
  - Berat basah (Lestari, dkk)
  - Berat kering (Lestari, dkk)

Analisa morfologi tumbuhan dapat dilihat pada halaman Lampiran

### **3. Uji Signifikansi**

Uji signifikansi adalah uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui signifikansi setiap variabel dalam penelitian ini. Uji ini juga berfungsi untuk mengetahui keterkaitan satu variabel dengan variabel lainnya. Uji signifikasi dalam penelitian ini menggunakan *software* SPSS 16.0.

### **4. Analisis Data dan Pembahasan**

Hal selanjutnya yang dilakukan setelah uji *fitotreatment* adalah melakukan analisa data dan pembahasn. Data yang dicari untuk membuat pembahasan adalah berdasarkan analisa data sebelumnya. Pembahasan yang dibuat dari hasil analisis data mengacu pada literatur yang akurat, sehingga pada akhirnya didapatkan pembahasan terpercaya. Dalam pembahasan dijabarkan seluruh hasil analisis data secara detail dan menjawab rumusan masalah. Hasil analisis data ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik serta dianalisis secara deskriptif untuk memberikan gambaran tentang efisiensi *fitotreatment* dalam mereduksi konsentrasi LAS dalam air limbah *laundry*.

### **5. Kesimpulan dan Saran**

Hasil analisis data penelitian dan pembahasan melahirkan sebuah kesimpulan. Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan. Kesimpulan menjawab tujuan penelitian yang hendak dicapai. Kesimpulan berupa poin-poin yang disajikan secara singkat dan jelas. Saran merupakan rekomendasi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Tujuan dari rekomendasi tersebut adalah untuk menyempurnakan dan memperbaiki penelitian selanjutnya.



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BAB 4

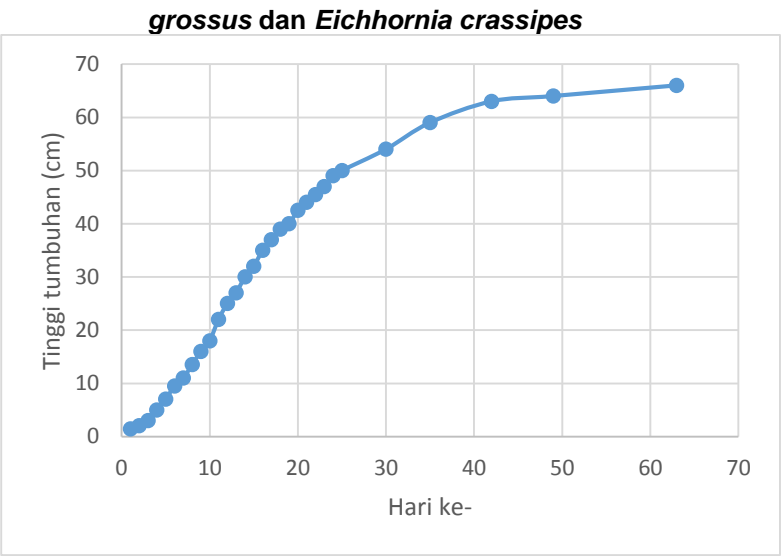
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tahap Aklimatisasi Tumbuhan

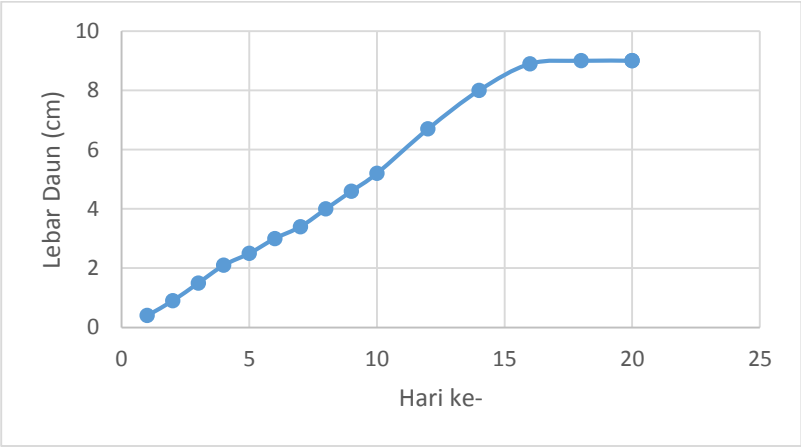
Tahap perbanyak tumbuhan atau aklimatisasi dilakukan dengan tujuan agar tumbuhan *Scirpus grossus* dan *Eichhornia crassipes* dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan di tempat penelitian. Tumbuhan yang telah dapat dijadikan sebagai bahan uji *fitotreatment* jika telah beradaptasi dengan lingkungannya, sehingga pada saat uji *fitotreatment*, tidak terdapat tumbuhan yang mati. Tahap aklimatisasi berlangsung selama 3 bulan. Tunas yang muncul pada saat tahap aklimatisasi akan digunakan dalam tahap *Range Finding Test* berikutnya. Saat tahap aklimatisasi, juga dilakukan pengamatan tumbuhan. Hal-hal yang diamati meliputi tinggi tumbuhan, lebar daun, bunga yang dihasilkan tumbuhan, dan usia saat masing-masing tumbuhan mulai bertunas. Aklimatisasi tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes* dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2. Grafik pertumbuhan tinggi *S. grossus* dan lebar daun *E. crassipes* disajikan pada Gambar 4.3 dan 4.4



**Gambar 4.1 Tahap Aklimatisasi Tumbuhan *Scirpus***



**Gambar 4.2 Pertumbuhan Tinggi *Scirpus grossus***



**Gambar 4.3 Pertumbuhan Lebar Daun *Eichhornia crassipes***

Berdasarkan Gambar 4.2, tumbuhan *S. grossus* mencapai tinggi sekitar 65-70 cm saat usianya mencapai 2 bulan, sedangkan tumbuhan ini mulai berbunga dan bertunas saat usianya mencapai 3 bulan. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa *E. crassipes* mencapai tinggi maksimal pada usia sekitar 1 bulan. Lebar daun *E. crassipes* maksimal adalah sekitar 9-10 cm dan dicapai saat usia *E. crassipes* 20 hari dan tetap konstan pada hari-hari berikutnya. *E. crassipes* mulai bertunas saat usianya 5-6 minggu.

## 1.2 Uji Karakteristik Air Limbah *Laundry*

Hal yang selanjutnya dilakukan setelah tahap aklimatisasi adalah uji kualitas air limbah *laundry* di laboratorium. Tujuannya adalah untuk mengetahui rata-rata konsentrasi LAS dan COD air limbah *laundry*. Hasil dari uji karakteristik air limbah *laundry* ini diharapkan dapat mewakili konsentrasi LAS dan COD yang terkandung dalam air limbah *laundry* secara umum, sehingga didapatkan rentang konsentrasi LAS yang akan digunakan dalam tahap *range finding test* dan uji *fitotreatment*. yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian. Air limbah *laundry* diambil dari salah satu usaha *laundry* di Kota Surabaya. Pengambilan air limbah *laundry* dilakukan sebanyak tiga hari. Hasil uji karakteristik air limbah *laundry* disajikan dalam Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Laundry***

Sampel ke-	Konsentrasi LAS	Konsentrasi COD
1	237	1600
2	178	700
3	85	800

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium









Hasil uji karakteristik air limbah *laundry* diatas, menunjukkan bahwa konsentrasi LAS dan COD dalam air limbah *laundry* masih jauh diatas baku mutu konsentrasi surfaktan dan COD minimal yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, yaitu sebesar 10 mg/l dan 250 mg/l.










### 4.3 Tahap *Range Finding Test*









Tahap *Range Finding Test* bertujuan untuk mengetahui konsentrasi LAS maksimum mana tumbuhan masih boleh bertahan hidup. Hasil uji karakteristik air limbah laundry menunjukkan bahwa kisaran konsentrasi LAS pada usaha-usaha laundry di Kota Surabaya adalah 85 mg/l hingga 237 mg/l. Nilai konsentrasi LAS dalam tahap *range finding test* ini dipilih untuk mewakili hasil dari uji karakteristik tersebut. Nilai konsentrasi LAS yang digunakan dalam *range finding test* pada penelitian ini adalah 0 mg/l (kontrol); 100 mg/l; 150 mg/l; 200 mg/l; 225 mg/l; dan 250 mg/l. Tahap *Range Finding Test* masing-masing dilakukan pada variasi tumbuhan *combined plant* dan *single plant* (*S. grossus* dan *E. crassipes*).

Tumbuhan yang digunakan dalam tahap *range finding test* ini adalah tumbuhan hasil dari tahap aklimatisasi sebelumnya. Hal ini dilakukan agar tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes* sudah beradaptasi dengan lingkungan pada lokasi penelitian. Tumbuhan yang dipilih untuk *range finding test* memiliki umur dan ukuran yang sama. Hal ini dimaksudkan agar masing-masing tumbuhan memiliki kemampuan yang sama untuk bertahan dalam larutan las saat tahap *range finding test* berlangsung. Volume media yang digunakan pada *range finding test single plant* juga berbeda dengan yang digunakan pada *combined plant*. Untuk sistem *single plant* berat tanah dan volume air yang digunakan adalah 4 kg dan 5 liter, sedangkan untuk sistem *combined plant* berat tanah dan volume air yang digunakan adalah 8 kg dan 10 liter. Tujuannya agar masing-masing tumbuhan yang hidup dalam reaktor sistem *single plant* maupun *combined plant* memiliki beban penyerapan yang sama. Tahap *range finding test* dilakukan selama 7 hari dengan mengamati ketahanan fisik tumbuhan meliputi warna tumbuhan serta mati tidaknya tumbuhan. Konsentrasi maksimal dimana tumbuhan tetap dalam kondisi fisik yang baik sampai hari ke-7 akan digunakan sebagai penentu konsentrasi LAS dalam tahap uji *fitotreatment* selanjutnya. Hasil pengamatan pada tahap *range finding test S. grossus*, *E. crassipes*, dan *combined plant* disajikan dalam Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 berikut.

**Tabel 4.2 Pengamatan *Range Finding Test Scirpus grossus***









Konsentrasi LAS	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
0 mg/l (kontrol)	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 
100 mg/l	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 









Konsentrasi LAS	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
150 mg/l	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 	33,3% tumbuhan menguning 
200 mg/l	Warna daun hijau segar  	Tidak terjadi perubahan fisik 	33,3% tumbuhan menguning 	33,3% tumbuhan menguning 









Konsentrasi LAS	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
225 mg/l	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	33,3% tumbuhan menguning 	33,3% tumbuhan menguning 
250 mg/l	Warna daun hijau segar 	Sebagian ujung daun menguning 	33,3% tumbuhan menguning 	66,6% tumbuhan menguning 



**Tabel 4.3 Range Finding Test *Eichhornia crassipes***









Konsentrasi LAS	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
0 mg/l (kontrol)	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 
100 mg/l	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 	Tidak terjadi perubahan fisik 

Konsentrasi LAS	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
150 mg/l	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	% 33,3 ujung daun mulai mengering 	33,3% ujung daun mulai mengering 
200 mg/l	Warna daun hijau segar 	Tidak terjadi perubahan fisik 	66,67% ujung daun mulai mengering 	66,67% tumbuhan mati 


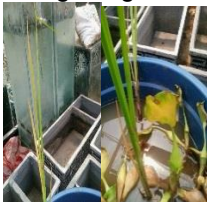






Konsentrasi LAS	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
225 mg/l	Warna daun hijau segar 	33,3% mati, sisanya menguning 	66,67% tumbuhan mati, sisanya menguning 	100% tumbuhan mati 
250 mg/l	Warna daun hijau segar 	66,67% tumbuhan mati, sisanya menguning 	66,67% tumbuhan mati, sisanya menguning 	100% tumbuhan mati 

**Tabel 4.4 Range Finding Test Combined Plant**

Konsentrasi LAS	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
0 mg/l (kontrol)	<p>Warna daun <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i> hijau segar</p> 	<p>Tidak terjadi perunahan fisik pada <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i></p> 	<p>Tidak terjadi perunahan fisik pada <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i></p> 	<p>Tidak terjadi perunahan fisik pada <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i></p> 
100 mg/l	<p>Warna daun <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i> hijau segar</p> 	<p>Tidak terjadi perunahan fisik pada <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i></p> 	<p>Tidak terjadi perunahan fisik pada <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i></p> 	<p>Tidak terjadi perunahan fisik pada <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i></p> 

Konsentrasi LAS	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
150 mg/l	<p>Warna daun <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i> hijau segar</p> 	<p>33,3% <i>S. grossus</i> menguning, batang <i>E. crassipes</i> menguning</p> 	<p>33,3% <i>S. grossus</i> menguning, batang <i>E. crassipes</i> menguning</p> 	<p>33,3% <i>E. crassipes</i> menguning, 66,7% <i>S. grossus</i> menguning</p> 
200 mg/l	<p>Warna daun <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i> hijau segar</p> 	<p>33,3% <i>S. grossus</i> menguning, 66,7% <i>E. crassipes</i> menguning</p> 	<p>100% <i>E. crassipes</i> mati, 33,3% <i>S. grossus</i> menguning</p> 	<p>100% <i>E. crassipes</i> mati, 66,7% <i>S. grossus</i> mati</p> 



Konsentrasi LAS	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
225 mg/l	<p>Warna daun <i>S. grossus</i> dan <i>E. crassipes</i> menguning</p> 	<p>33,3% <i>E. crassipes</i> mati, 66,7% <i>S. grossus</i> menguning</p> 	<p>66,7% <i>E. crassipes</i> mati, 33,3% <i>S. grossus</i> menguning</p> 	<p>100% <i>E. crassipes</i> mati, 33,3% <i>S. grossus</i> mati</p> 
250 mg/l	<p>Ujung daun <i>S. grossus</i> coklat dan <i>E. crassipes</i> hijau segar</p> 	<p>100% <i>E. crassipes</i> mati, 66,7% <i>S. grossus</i> mati</p> 	<p>100% <i>E. crassipes</i> mati, 33,3% <i>S. grossus</i> menguning</p> 	<p>100% <i>E. crassipes</i> mati, 66,7% <i>S. grossus</i> mati</p> 

Berdasarkan Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 semakin tinggi konsentrasi LAS dalam reaktor, semakin menurun juga ketahanan fisik tumbuhan. Hasil *Range Finding Test* menunjukkan bahwa tumbuhan *S. grossus*, *E. crassipes*, dan kombinasi keduanya (*combined plant*) memiliki ketahanan fisik paling maksimal saat berada dalam konsentrasi LAS sebesar 100 mg/l.

#### 4.4 Uji *Fitotreatment*

Pada uji *fitotreatment*, tumbuhan yang ditanam adalah tumbuhan yang sudah melalui tahap aklimatisasi dan *Range Finding Test*. Sesuai dengan hasil *Range Finding Test* Konsentrasi LAS digunakan dalam uji *fitotreatment* untuk *S. grossus*, *E. crassipes*, dan kombinasi keduanya (*combined plant*) adalah masing-masing sebesar 100 mg/l. Berat basah masing-masing tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes* sebelum uji *fitotreatment* adalah 30 gram dan 35 gram. Pada penelitian ini, kerapatan *S. grossus* dinyatakan dalam densitas, sedangkan kerapatan *E. crassipes* dinyatakan dalam *covering* permukaan yaitu perbandingan antara berat total *E. crassipes* dan luas reaktor. Berikut ini adalah perhitungan densitas *S. grossus* pada masing-masing reaktor:

- Reaktor 8Sg  $= \frac{(\text{berat basah } S.\text{grossus} \cdot \text{jumlah } S.\text{grossus})}{\text{volume media}}$   
 $= \frac{(30 \text{ gr} \cdot 8)}{38250 \text{ cm}^3} = 6,27 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$
- Reaktor 6Sg  $= \frac{(30 \text{ gr} \cdot 6)}{38250 \text{ cm}^3} = 4,7 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$
- Reaktor 4Sg4Ec  $= \frac{(30 \text{ gr} \cdot 4)}{38250 \text{ cm}^3} = 3,13 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$
- Reaktor 3Sg3Ec  $= \frac{(30 \text{ gr} \cdot 3)}{38250 \text{ cm}^3} = 2,35 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$

Berikut ini adalah perhitungan *covering* permukaan *E. crassipes* pada masing-masing reaktor:

- Reaktor 8Ec  $= \frac{(\text{berat basah } E.\text{crassipes} \cdot \text{jumlah } E.\text{c})}{\text{luas reaktor}}$   
 $= \frac{(35 \text{ gr} \cdot 8)}{1275 \text{ cm}^2} = 0,22 \text{ gr/cm}^2$
- Reaktor 6Ec  $= \frac{(35 \text{ gr} \cdot 6)}{1275 \text{ cm}^2} = 0,165 \text{ gr/cm}^2$
- Reaktor 4Sg4Ec  $= \frac{(35 \text{ gr} \cdot 4)}{1275 \text{ cm}^2} = 0,11 \text{ gr/cm}^2$

- Reaktor 3Sg3Ec =  $\frac{(35 \text{ gr} \cdot 3)}{1275 \text{ cm}^2} = 0,082 \text{ gr/cm}^2$

Gambar 4.4 adalah gambar kondisi uji *fitotreatment* pada hari ke-0.



**Gambar 4.4 Uji *fitotreatment* Hari ke-0**

Pada awal penelitian dilakukan pengukuran berat basah dan berat kering tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes*. Berat basah dan kering *S. grossus* adalah sebesar 31,93 gram dan 7,2 gram. Berat basah dan kering *E. crassipes* adalah 35,03 gram dan 2,6 gram. Berdasarkan berat kering *S. grossus* dan *E. crassipes* maka didapatkan beban pencemar dalam reaktor terhadap biomassa tumbuhan pada masing-masing reaktor sebagai berikut.

- Reaktor 8Sg =  $\frac{(\text{Konsentrasi LAS } (\frac{\text{mg}}{\text{l}}) \cdot \text{volume LAS (l)})}{(\text{jumlah} \cdot \text{Biomassa } S.\text{grossus (gr)})}$   
 $= \frac{(100 \text{ mg/l} \cdot 12 \text{ l})}{(8 \cdot 7,2 \text{ gr})} = 20,83 \text{ mg/gram}$
- Reaktor 8Sg =  $\frac{(\text{Konsentrasi LAS } (\frac{\text{mg}}{\text{l}}) \cdot \text{volume LAS (l)})}{(\text{jumlah} \cdot \text{Biomassa } S.\text{grossus (gr)})}$   
 $= \frac{(100 \text{ mg/l} \cdot 12 \text{ l})}{(6 \cdot 7,2 \text{ gr})} = 27,78 \text{ g mg/gram}$
- Reaktor 8Ec =  $\frac{(\text{Konsentrasi LAS } (\frac{\text{mg}}{\text{l}}) \cdot \text{volume LAS (l)})}{(\text{jumlah} \cdot \text{Biomassa } E.\text{crassipes (gr)})}$   
 $= \frac{(100 \text{ mg/l} \cdot 12 \text{ l})}{(8 \cdot 2,6 \text{ gr})} = 57,69 \text{ g mg/gram}$



- Reaktor 6Ec = 
$$\frac{(\text{Konsentrasi LAS } (\frac{\text{mg}}{\text{l}}) \cdot \text{volume LAS (l)})}{(\text{jumlah} \cdot \text{Biomassa } E.\text{crassipes (gr)})}$$

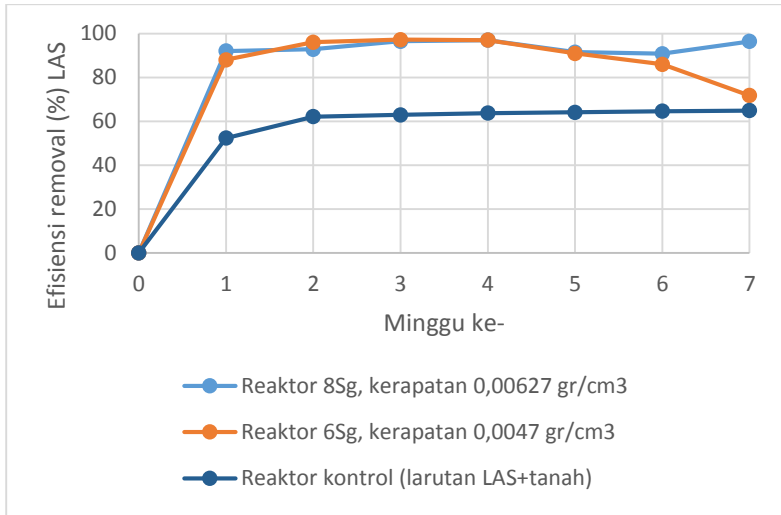
$$= \frac{(100 \text{ mg/l} \cdot 12 \text{ l})}{(6 \cdot 2,6 \text{ gr})} = 76,92 \text{ g mg/gram}$$
- Reaktor 4Sg4Ec = 
$$\frac{(\text{Konsentrasi LAS } (\frac{\text{mg}}{\text{l}}) \cdot \text{volume LAS (l)})}{\text{jumlah} \cdot (\text{Biomassa } S.\text{grossus} + E.\text{crassipes (gr)})}$$

$$= \frac{(100 \text{ mg/l} \cdot 12 \text{ l})}{4(7,2 \text{ gr} + 2,6 \text{ gr})} = 30,61 \text{ g mg/gram}$$
- Reaktor 3Sg3Ec = 
$$\frac{(\text{Konsentrasi LAS } (\frac{\text{mg}}{\text{l}}) \cdot \text{volume LAS (l)})}{\text{jumlah} \cdot (\text{Biomassa } S.\text{grossus} + E.\text{crassipes (gr)})}$$

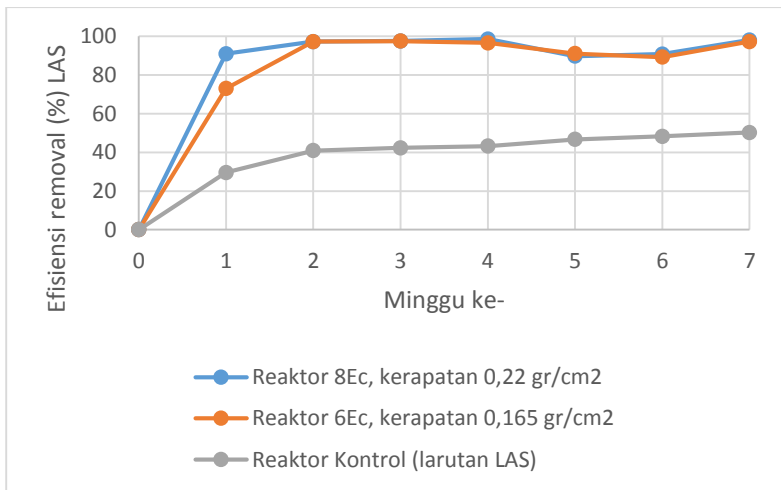
$$= \frac{(100 \text{ mg/l} \cdot 12 \text{ l})}{3(7,2 \text{ gr} + 2,6 \text{ gr})} = 40,81 \text{ g mg/gram}$$

#### 4.4.1 Efisiensi penurunan konsentrasi LAS

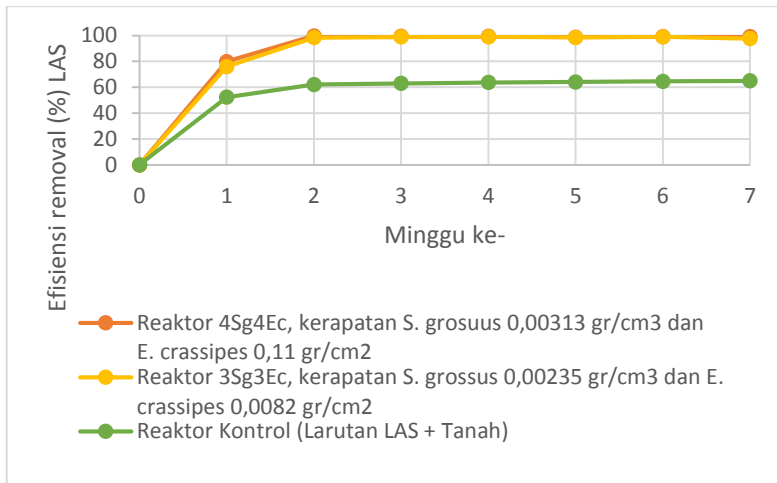
Surfaktan-zat aktif permukaan atau *tensides* merupakan bahan organik yang berperan sebagai bahan aktif pada deterjen. Surfaktan mampu menurunkan tegangan permukaan sehingga memungkinkan partikel-partikel yang menempel pada bahan-bahan yang dicuci terlepas dan mengapung atau terlarut dalam air (Effendi, 2003). Linear Alkilbenzen Sulfonat (LAS) yang terdapat dalam limbah *laundry* merupakan salah satu bentuk surfaktan yang paling *biodegradable*. LAS adalah jenis surfaktan anionik yang paling banyak digunakan dalam deterjen yang beredar di pasaran. LAS akan lebih mudah terurai dalam kondisi aerobik. LAS yang dibiarkan dalam kondisi aerobik akan terurai dengan sendirinya dalam waktu 1-87 hari (Scott dan Malcolm, 2000). Effendi (2003) menyatakan bahwa kadar LAS 1 mg/l dapat mengakibatkan terbentuknya busa di perairan. Meskipun hal ini tidak bersifat toksik, surfaktan menimbulkan rasa pada air dan dapat menurunkan absorpsi oksigen di perairan. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 menyatakan bahwa konsentrasi surfaktan minimal yang diijinkan dalam limbah domestik untuk kegiatan *laundry* adalah sebesar 10 mg/l. Konsentrasi LAS hasil uji *fitotreatment* pada masing-masing reaktor disajikan pada Lampiran B. Grafik penurunan konsentrasi LAS pada reaktor tumbuhan *S. grossus*, *E. crassipes*, dan kombinasi keduanya (*combined plant*) yang disajikan dalam Gambar 4.6, 4.7, dan 4.8



**Gambar 4.5 Efisiensi removal LAS dengan Tumbuhan *S. grossus***



**Gambar 4.6 Efisiensi removal LAS dengan Tumbuhan *E. crassipes***



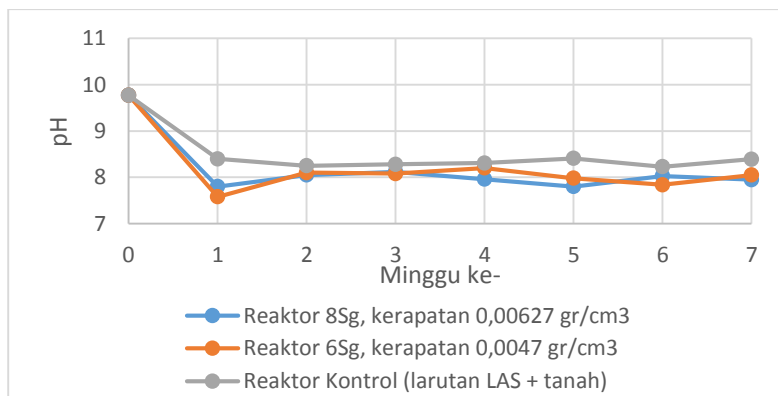
**Gambar 4.7 Efisiensi removal LAS dengan Tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes***

Berdasarkan Gambar 4.5 hingga 4.7, reaktor dengan sistem *combined plant* mampu mereduksi konsentrasi LAS paling besar yaitu mencapai 99,7%. Hal ini disebabkan terjadinya kompetisi antar spesies tumbuhan dalam memperebutkan nutrisi dalam reaktor uji *fitotreatment* sehingga menyebabkan konsentrasi LAS dalam reaktor tersebut mengalami penurunan. Efisiensi removal konsentrasi LAS mulai menunjukkan tanda-tanda kestabilan sejak minggu kedua. Perbandingan antar reaktor *single plant* menunjukkan bahwa reaktor dengan tumbuhan *E. crassipes* mampu menurunkan konsentrasi LAS lebih banyak daripada reaktor dengan tumbuhan *S. grossus*. Hal ini dikarenakan LAS yang merupakan zat yang tersuspensi dalam air. Jangkauan akar *E. crassipes* yang luas menyebabkan tingginya kemampuan absorpsi atau degradasi LAS oleh tumbuhan tersebut. Reaktor dengan tumbuhan *S. grossus* dan *E. crassipes* dengan kerapatan 8 (delapan) dan 6 (enam) tumbuhan per reaktor mulai menunjukkan penurunan efisiensi removal pada minggu ke-5 dikarenakan terdapat beberapa tumbuhan yang kering dan mati. Pada reaktor *combined plant* dengan kerapatan 8 (delapan) dan 6

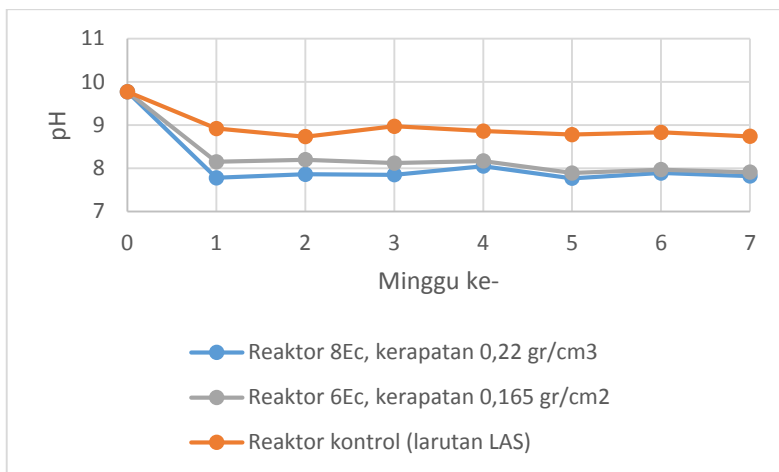
(enam) tumbuhan per reaktor masih menunjukkan persentase efisiensi removal yang stabil hingga minggu ke-7. Pada minggu ke-7 terjadi kenaikan efisiensi removal LAS pada reaktor 8Sg, 8Ec, dan 6Ec. Hal ini dikarenakan banyaknya tunas-tunas baru yang muncul pada masing-masing reaktor tersebut, sehingga pengolahan LAS kembali berjalan dengan normal. Berdasarkan Gambar 4.5 hingga 4.7, reaktor dengan kerapatan yang lebih besar mampu mereduksi lebih banyak konsentrasi LAS. Hal ini dikarenakan kebutuhan nutrisi yang besar untuk menunjang pertumbuhan seluruh tumbuhan dalam satu reaktor.

#### 4.4.2 Analisa pH

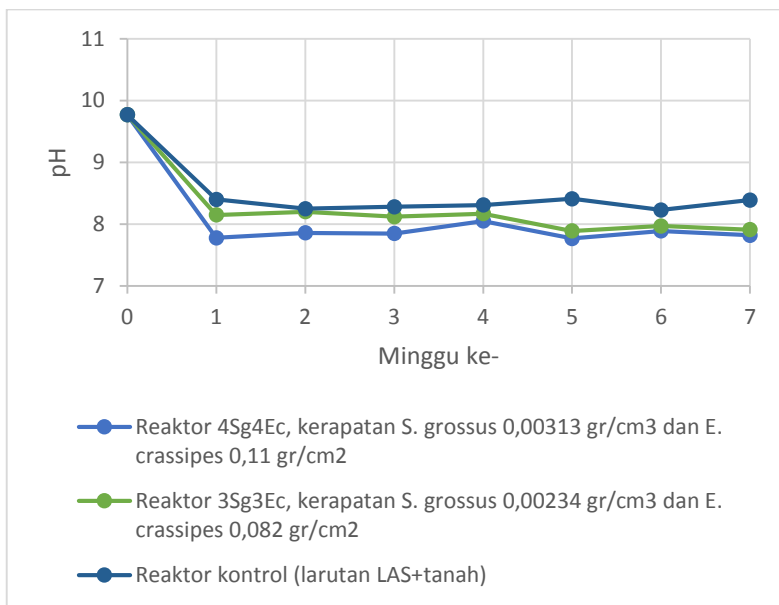
Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  di dalam larutan LAS. Semakin tinggi ion  $H^+$ , maka semakin asam kondisi LAS tersebut, sedangkan semakin tinggi ion  $OH^-$  maka semakin basa kondisinya. LAS sebagai salau satu jenis surfaktan anionik umumnya memiliki pH basa. Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa di dalam air, kadar deterjen dapat menaikkan pH hingga mencapai 10,5 sampai 11. Nilai pH awal larutan LAS pada saat hari ke-0 uji *fitotreatment* adalah 9,77. Hasil pengukuran pH disajikan pada Tabel 4.8. Hasil pengukuran pH disajikan pada Lampiran B. Grafik penurunan pH disajikan dalam Gambar 4.8, 4.9, dan 4.10.



**Gambar 4.8 pH Pada Reaktor *S. grossus***



**Gambar 4.9 pH Pada reaktor *E. crassipes***



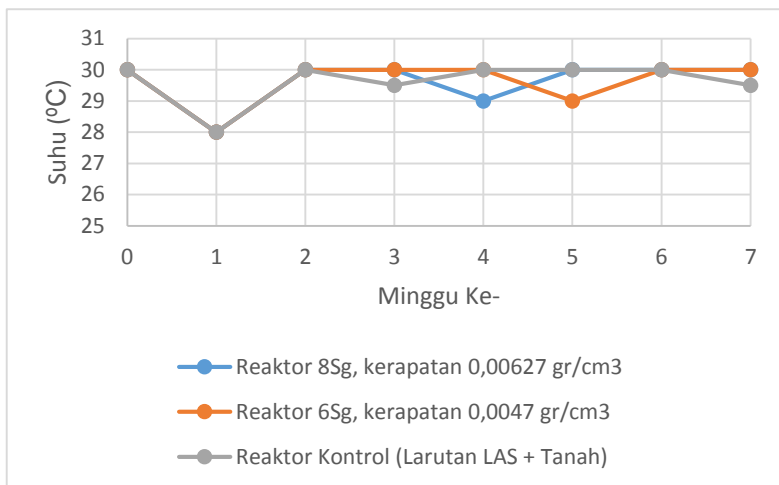
**Gambar 4.10 pH Pada reaktor *Combined Plant***

Berdasarkan Gambar 4.8 hingga 4.10, pH larutan LAS mengalami penurunan sejak analisa pada minggu pertama. Berdasarkan analisa, pH turun dari 9,77 menjadi sekitar 7,43-8,17 pada masing-masing reaktor. Larutan LAS dalam reaktor yang ditanami tumbuhan *S. grossus* mengalami penurunan pH lebih banyak dari reaktor dengan tumbuhan *E. crassipes* dan kombinasi keduanya. pH larutan LAS pada masing-masing reaktor cenderung menunjukkan penurunan ke arah netral, namun masih berfluktuasi di kisaran 7,42 hingga 8,42. Larutan LAS pada reaktor uji *fitotreatment* memiliki nilai pH yang lebih rendah (menuju ke arah netral) dibandingkan dengan larutan LAS pada reaktor kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah menggunakan tumbuhan mempengaruhi turunnya nilai keasaman pada perairan. Nilai pH perairan akan meningkat disebabkan berkurangnya CO<sub>2</sub>, proses respirasi tumbuhan yang menghasilkan CO<sub>2</sub> menyebabkan pH perairan menjadi menurun. Nilai pH berperan dalam mempengaruhi tingkat toksisitas suatu senyawa kimia dan proses biokimia dalam air (Effendi, 2003). Keberadaan tumbuhan dalam reaktor uji *fitotreatment* mempengaruhi turunnya nilai pH larutan LAS.

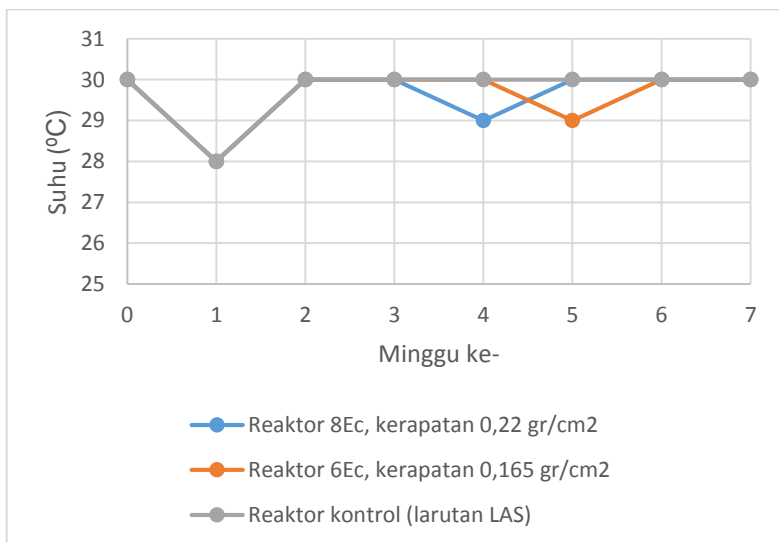
#### **4.4.3 Analisa Suhu**

Suhu merupakan derajat atau tingkatan panas. Pengukuran suhu dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suhu dari larutan LAS di dalam reaktor. Suhu udara ataupun suhu media tumbuh berpengaruh terhadap tumbuhan karena adanya proses metabolisme tubuh tumbuhan. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 4.11, 4.12, 4.13, dan secara lengkap pada Lampiran B.

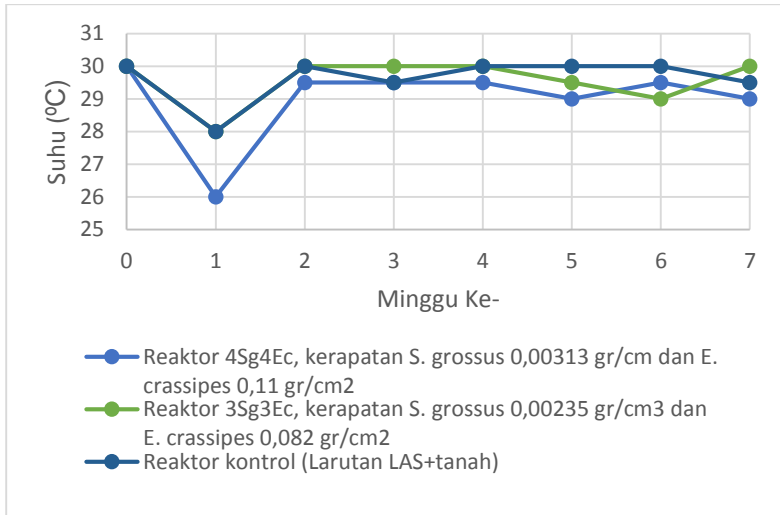
Gambar 4.10 hingga 4.13 menunjukkan bahwa suhu pada setiap reaktor berfluktuasi pada kisaran 26°C hingga 31°C. Fluktuasi suhu ini dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan di lokasi uji *fitotreatment*. Hal ini diketahui karena tidak terjadi perbedaan suhu pada variasi jenis tumbuhan pada reaktor dan kerapatan tumbuhan dalam satu reaktor. Suhu berpengaruh cukup besar terhadap proses kimiawi dan biologi di perairan. Reaksi kimia dan biologi meningkat sebanyak dua kali untuk setiap kenaikan suhu sebesar 10°C (Boyd dan Lichoppler, 1986).



**Gambar 4.11 Suhu Pada Reaktor *S. grossus***



**Gambar 4.12 Suhu Pada Reaktor *E. crassipes***



**Gambar 4.13 Suhu Pada Reaktor *Combined Plant***

#### 4.4.4 Analisa Morfologi Tumbuhan

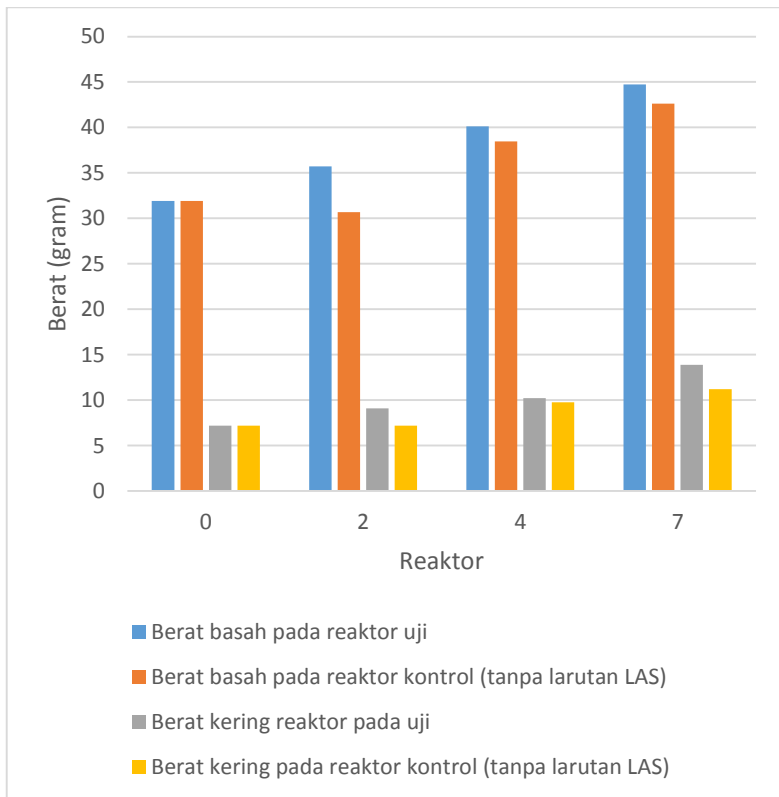
Dalam analisa morfologi tumbuhan, hal-hal yang diamati adalah berat basah dan kering tumbuhan, tinggi tumbuhan, panjang akar tumbuhan, dan lebar daun tumbuhan. Analisa morfologi tumbuhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh larutan LAS terhadap pertumbuhan tumbuhan, juga untuk mengetahui apakah tumbuhan menyerap larutan LAS.

##### 1. Berat basah dan Kering tumbuhan

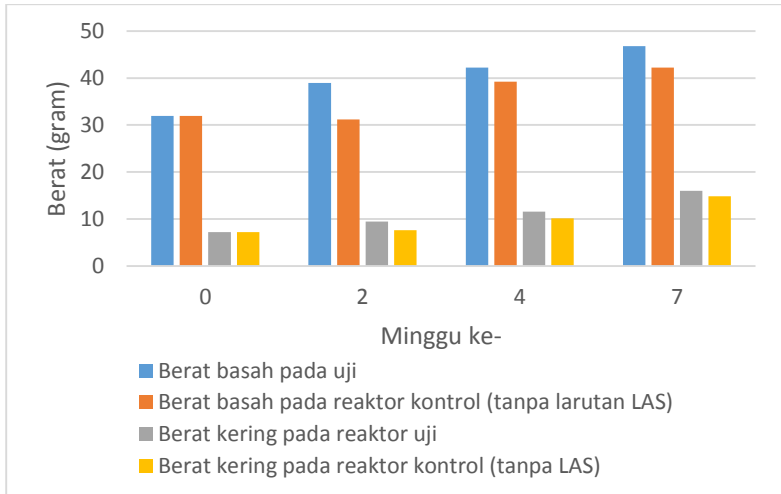
Berat basah dan berat kering tumbuhan dianalisa pada minggu ke-2, minggu ke-4, dan minggu ke-7. Masing-masing tumbuhan dari reaktor *single plant* (1 buah *S. grossus* dan 1 buah *E. crassipes*) diambil untuk ditimbang. Pada reaktor *combined plant*, dari setiap reaktor diambil masing-masing 1 buah *S. grossus* dan 1 buah *E. crassipes*. Tujuan dari analisa berat kering dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai biomassa yang terkandung dalam tumbuhan. Lakin (1996) dan Parman (2007) menyatakan bahwa biomassa tumbuhan



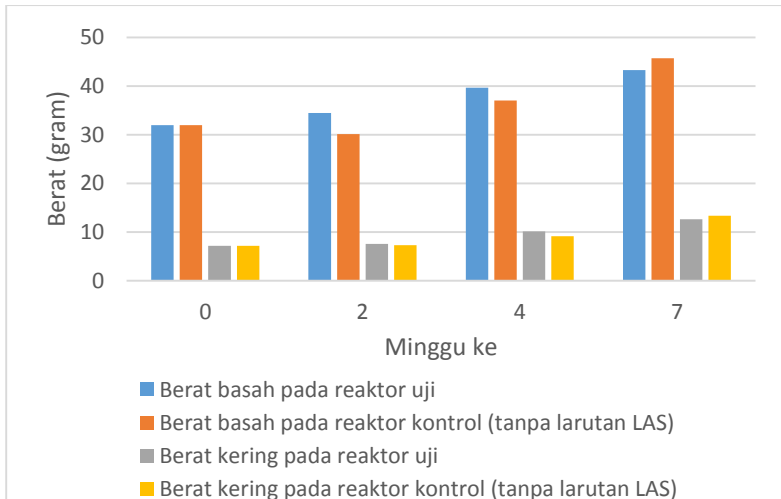
mencerminkan akumulasi senyawa organik yang disintesis dari senyawa anorganik yang dihasilkan oleh bakteri yang digunakan tumbuhan untuk proses pertumbuhannya. Hasil analisa berat basah dan berat kering masing-masing tumbuhan pada setiap reaktor yang disajikan dalam gambar 4.14 hingga 4.21. Hasil pengukuran berat basah dan berat kering tumbuhan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel yang disajikan pada halaman Lampiran B.



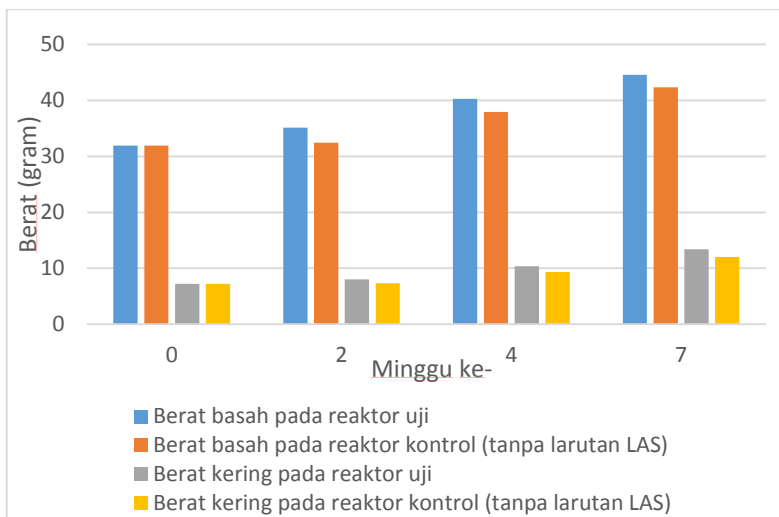
**Gambar 4.14 Berat Basah dan Berat Kering *S. grossus* Pada Reaktor 8Sg**



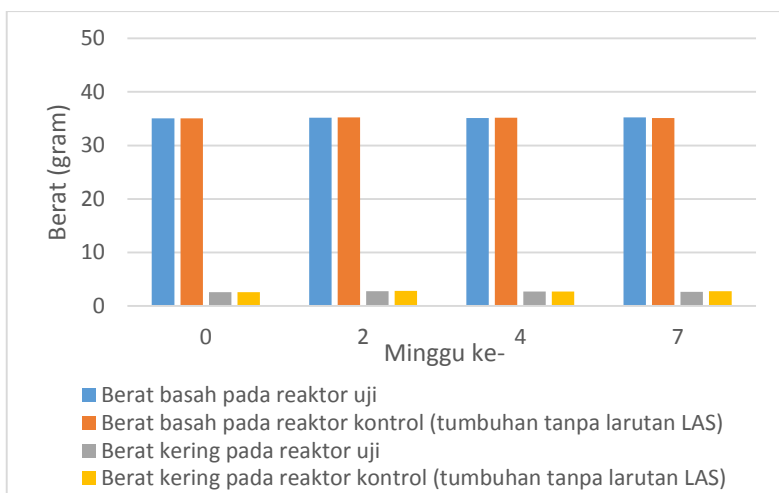
**Gambar 4.15 Berat Basah dan Berat Kering *S. grossus* Pada reaktor 6Sg**



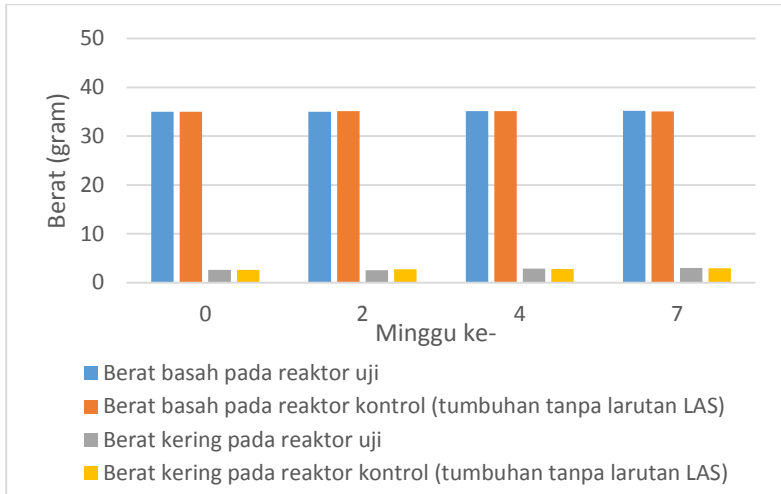
**Gambar 4.16 Berat Basah dan Berat Kering *S. grossus* Pada reaktor 4Sg4Ec**



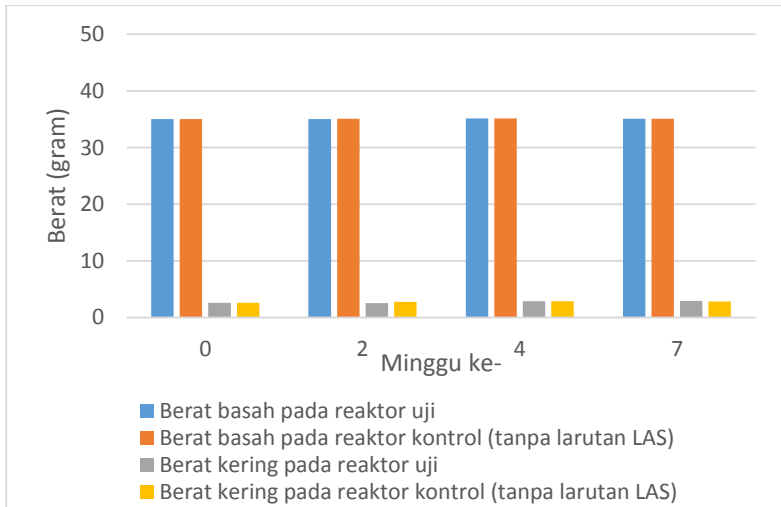
**Gambar 4.17 Berat Basah dan Berat Kering *S. grossus* Pada reaktor 3Sg3Ec**



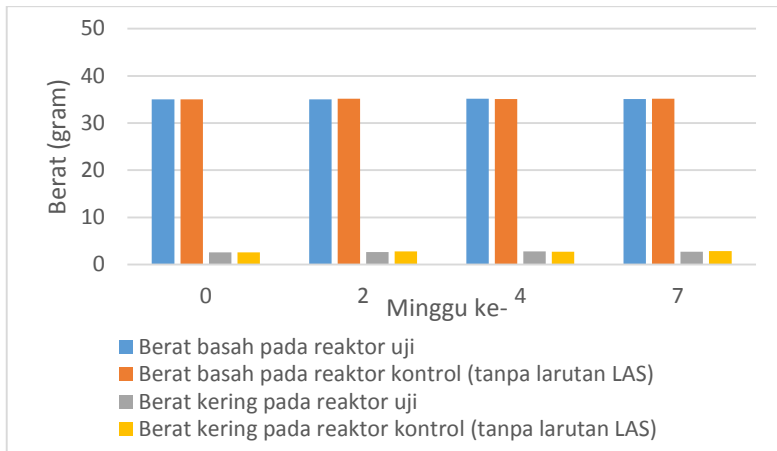
**Gambar 4.18 Berat Basah dan Berat Kering *E. crassipes* Pada reaktor 8Ec**



**Gambar 4.19 Berat Basah dan Berat Kering *E. crassipes* Pada reaktor 6Ec**



**Gambar 4.20 Berat Basah dan Berat Kering *E. crassipes* Pada reaktor 4Sg4Ec**



**Gambar 4.21 Berat Basah dan Berat Kering *E. crassipes* Pada reaktor 3Sg3Ec**

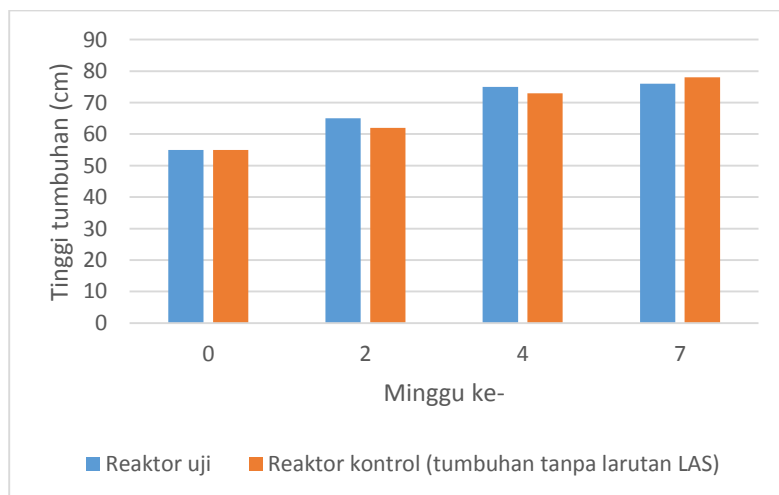
Berdasarkan Gambar 4.14 hingga 4.17, terdapat kenaikan berat basah dan berat kering pada tumbuhan *S. grossus*. Berat kering menunjukkan nilai biomassa yang terkandung dalam tubuh masing-masing jenis tumbuhan selama penelitian. Berat kering *S. grossus* yang tumbuh pada reaktor uji *fitotreatment* lebih besar dari berat kering *S. grossus* yang tumbuh pada reaktor kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa *S. grossus* menyerap lebih banyak nutrisi. Kenaikan biomassa *S. grossus* berkaitan dengan menurunnya konsentrasi LAS dalam reaktor uji *fitotreatment*. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi fitoproses berupa fitodegradasi selama uji *fitotreatment*. Fitodegradasi adalah proses degradasi kontaminan sebagai lanjutan dari proses penyerapan dan proses metabolik yang dilakukan tumbuhan (Pivetz, 2001). Kontaminan yang diserap oleh *S. grossus* kemudian dimanfaatkan untuk metabolisme tumbuhan sehingga menghasilkan lignin yang berakibat pada naiknya biomassa *S. grossus*.

Gambar 4.18 hingga 4.21 tidak menunjukkan kenaikan biomassa *E. crassipes*. Hal ini menunjukkan bahwa *E. crassipes* tidak memanfaatkan kontaminan dalam proses metabolisme. Turunnya konsentrasi LAS dalam reaktor uji *fitotreatment* tidak berkaitan dengan biomassa *E. crassipes*. Karena tidak terjadi

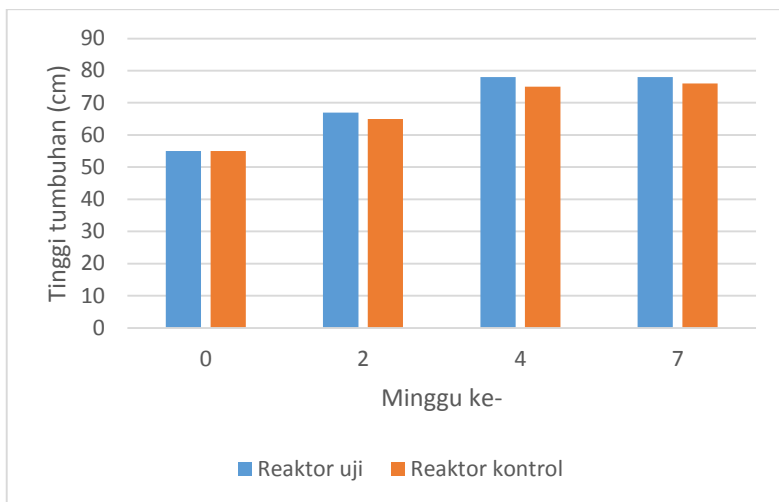
fitodegradasi dalam proses penurunan konsentrasi LAS selama uji *fitotreatment*, maka fitoproses yang terjadi adalah rizodegradasi. Rizodegradasi adalah proses penguraian kontaminan yang terjadi secara alami akibat peranan akar tumbuhan. Kontaminan organik dalam tanah dapat dipecah atau dimineralisasi menjadi zat-zat anorganik seperti karbon dioksida dan air oleh aktivitas mikroba pada akar tumbuhan (Pivetz, 2001). *E. Crassipes* memiliki akar serabut yang mendukung kehidupan mikroba-mikroba pengurai kontaminan.

## 2. Tinggi Tumbuhan

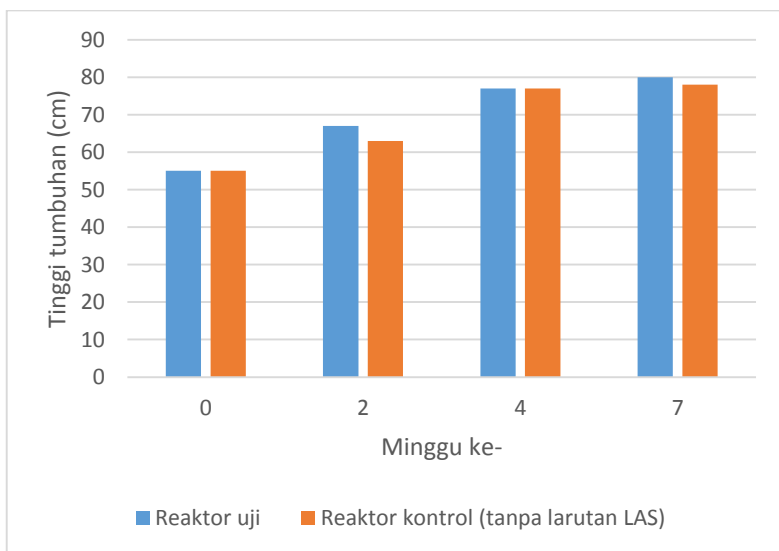
Pada penelitian ini yang diamati adalah tinggi tumbuhan *S. grossus*. Hal ini dikarenakan tumbuhan *E. crassipes* hanya memiliki tinggi maksimal 15 cm. Tujuan dari analisis tinggi tumbuhan *S. grossus* adalah untuk mengetahui apakah tumbuhan *S. grossus* mengalami pertumbuhan selama uji *fitotreatment* berlangsung. Tinggi tumbuhan adalah salah satu parameter fisik tumbuhan. Adanya pertambahan tinggi tumbuhan menunjukkan terjadinya pertumbuhan pada tumbuhan. Data pertambahan tinggi tumbuhan *S. grossus*. disajikan dalam Gambar 4.22, hingga 4.25.



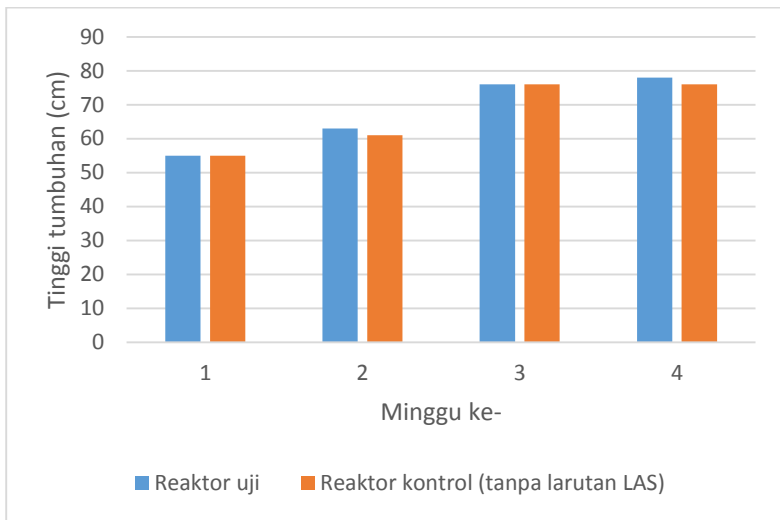
**Gambar 4.22 Tinggi *S. grossus* Pada Reaktor 8Sg**



**Gambar 4.23 Tinggi *S. grossus* Pada Reaktor 6Sg**



**Gambar 4.24 Tinggi *S. grossus* Pada Reaktor 4Sg4Ec**



**Gambar 4.25 Tinggi *S. grossus* Pada Reaktor 3Sg3Ec**

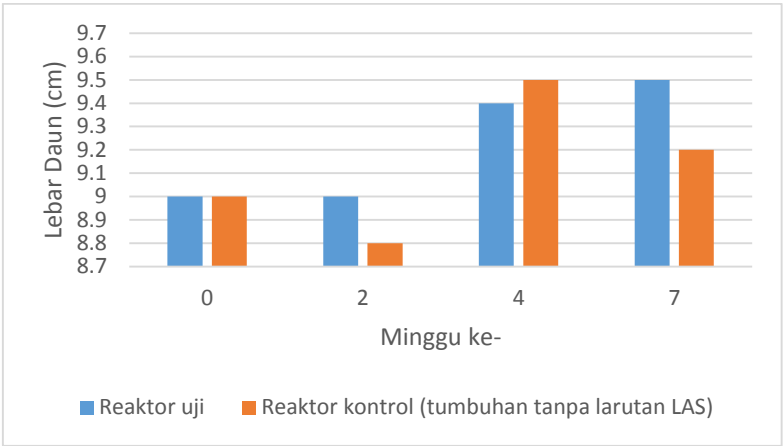
Tinggi tumbuhan *S. grossus* yang diukur pada penelitian ini berbeda-beda karena masing-masing tumbuhan yang diambil dari setiap reaktor sejak minggu ke-0 hingga minggu ke-7 berbeda-beda. Gambar 4.22 hingga 4.25 menunjukkan perbedaan tinggi antara *S. grossus* yang hidup di reaktor uji *fitotreatment* dan reaktor kontrol. Selisih perbedaan tumbuhan hanya berkisar 2-4 cm. Hal ini berkaitan dengan fitodegradasi yang berlangsung selama uji *fitotreatment*. Kontaminan diserap untuk kemudian dimanfaatkan dalam proses metabolisme tumbuhan *S. grossus*. Hasil metabolisme ini berupa sel-sel baru yang menyebabkan bertambahnya tinggi tumbuhan *S. grossus*.

### **3. Lebar Daun**

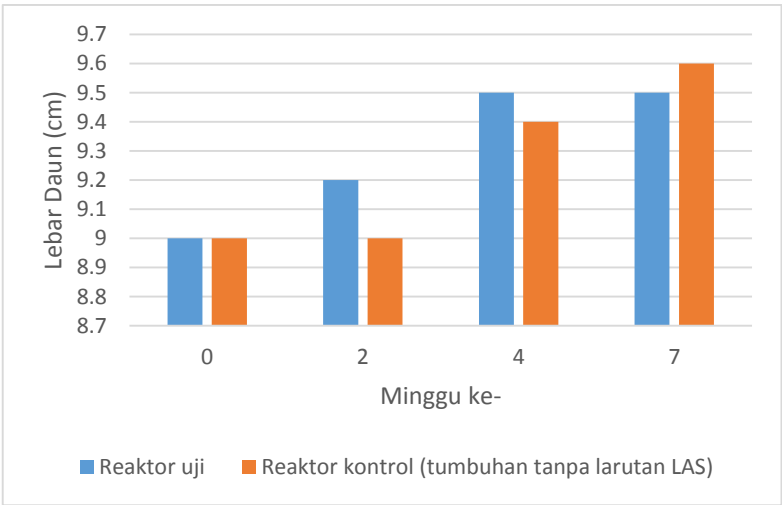
Lebar Daun merupakan salah satu parameter fisik tumbuhan. Pada penelitian ini yang diamati adalah lebar daun *E. crassipes*. Hal ini dikarenakan tumbuhan *E. crassipes* yang arah pertumbuhannya cenderung kepada lebar daun. Lebar daun *E. crassipes* selama uji *fitotreatment* disajikan pada Gambar 4.26,



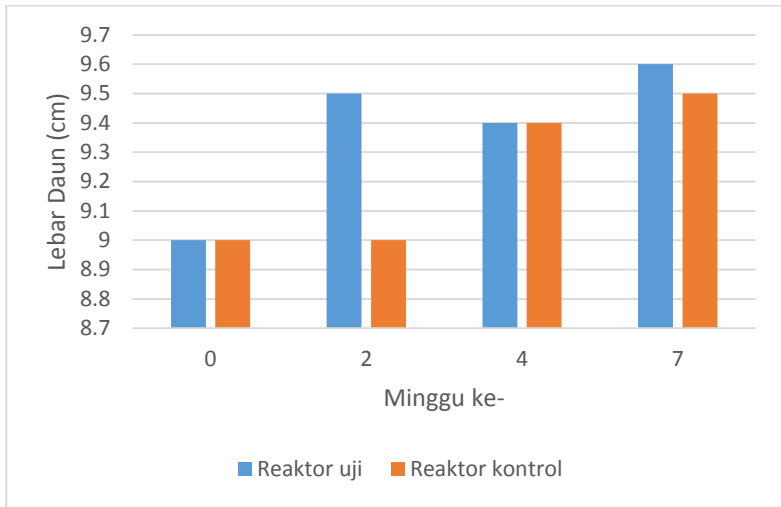
hingga 4.29. Hasil pengukuran lebar daun *E. crassipes* lebih lengkap dapat dilihat pada tabel yang terdapat pada halaman Lampiran B.



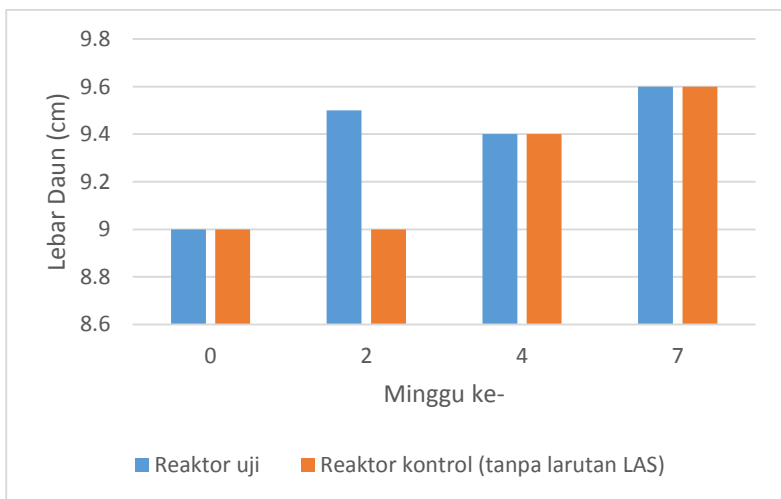
**Gambar 4.26** Lebar Daun *E. crassipes* pada Reaktor 8Ec



**Gambar 4.27** Lebar Daun *E. crassipes* pada Reaktor 6Ec



**Gambar 4.28 Lebar Daun *E. crassipes* pada Reaktor 4Sg4Ec**

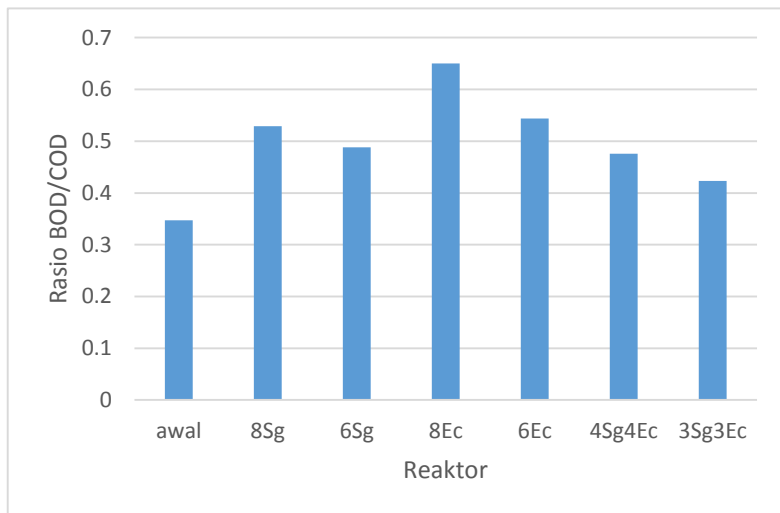


**Gambar 4.29 Lebar Daun *E. crassipes* pada Reaktor 3Sg3Ec**

Berdasarkan grafik diatas, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara lebar daun *E. crassipes* yang tumbuh di reaktor uji *fitotreatment* dan di rektor kontrol. Hal ini dikarenakan selama uji *fitotreatment* berlangsung, lebar daun *E. crassipes* telah mencapai lebar maksimal, sehingga tidak terjadi penambahan lebar daun lagi.

#### 4.4.5 Analisa Rasio BOD/COD

Rasio BOD/COD adalah hasil bagi antara nilai BOD dengan COD. Rasio BOD/COD ada pada *range* 0,1 hingga 1. Semakin tinggi rasio BOD/COD suatu zat menunjukkan bahwa semakin mudah zat tersebut terurai secara microbial. Hal ini dikarenakan rasio BOD/COD menunjukkan tingkat biodegradabilitas suatu limbah (Mangkoedihardjo, 2010). Rasio BOD/COD pada penelitian ini mengalami peningkatan menurut analisa yang dilakukan pada minggu awal dan akhir penelitian. Peningkatan rasio BOD/COD pada penelitian ini disajikan pada Gambar 4.30



**Gambar 4.30 Rasio BOD/COD pada Awal dan Akhir Penelitian**

Gambar 4.30 menunjukkan terjadinya peningkatan biodegradabilitas larutan LAS. Mangkoedihardjo dan Samudro (2010) menyatakan tumbuhan mengeluarkan eksudat yang melalui akar yang mengandung asam organik, fenol, enzim, dan protein yang semuanya mudah terurai secara mikrobial. Campuran limbah organik dengan rasio BOD/COD kecil dan eksudat dengan rasio BOD/COD tinggi dapat menghasilkan limbah organik yang mudah terurai secara mikrobial. Peningkatan rasio BOD/COD menunjukkan bahwa keberadaan mikroba dalam masing-masing reaktor turut berperan dalam menurunkan konsentrasi LAS selama uji *fitotreatment*. Turunnya konsentrasi LAS selama uji *fitotreatment* berpengaruh pada naiknya rasio BOD/COD dalam larutan LAS. Larutan LAS pada reaktor uji *fitotreatment* dengan tumbuhan *E. crassipes* memiliki rasio BOD/COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan larutan LAS pada reaktor lainnya. Hal ini disebabkan oleh proses rizodegradasi yang terjadi pada akar tumbuhan *E. crassipes*. Peranan mikroba dalam proses degradasi LAS ini ditunjukkan dengan tingginya rasio BOD/COD pada reaktor uji *fitotreatment*.

#### 4.4.6 Uji Statistik

Dalam penelitian ini, hasil analisa berupa removal LAS dalam masing-masing reaktor diuji signifikansinya dalam uji statistik. Uji statistik bertujuan untuk mengetahui pengaruh antar masing-masing variabel dalam penelitian ini. Uji signifikansi dalam penelitian ini menggunakan Anova Two-Way dengan software SPSS 16.0. Uji Anova Two-Way bertujuan untuk mengetahui signifikansi dari masing-masing variabel. Hasil Uji statistik Anova Two-Way menunjukkan variabel manakah yang paling berpengaruh terhadap efisiensi removal LAS dalam uji *fitotreatment*. Hasil uji Anova Two-Way disajikan pada Tabel 4.1 di bawah ini. Uji statistik dalam penelitian ini menggunakan uji Anova Two-Way dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Pengaruh yang signifikan dalam uji statistik ditunjukkan dengan P yang lebih kecil dari 0,05 ( $P < 0,05$ ). Nilai  $P < 0,05$  menunjukkan bahwa variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal LAS, sebaliknya jika nilai  $P > 0,05$  maka variabel tersebut tidak

berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal LAS. Hasil uji Anova Two-Way dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Hasil Uji Anova Two-Way**

<b>Source</b>	<b>Type III Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Corrected Model	456.721*	5	91.344	1.856	<b>.112</b>
Intercept	736121.507	1	736121.507	1.49E4	<b>.000</b>
Jenis tumbuhan	253.125	2	126.562	2.572	<b>.083</b>
Kerapatan	168.389	1	168.389	3.422	<b>.066</b>
Jenis Tumbuhan * kerapatan	35.206	2	17.603	358	<b>.0700</b>
Error	3838.280	78	49.209		
Total	740416.507	84			
Corrected Total	4295.001	83			

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa masing-masing variabel dalam penelitian ini, yaitu jenis tumbuhan dan kerapatan tumbuhan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi removal LAS. Hal ini dibuktikan dari nilai P yang lebih besar dari 0,05 ( $P > 0,05$ ).

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Efisiensi removal konsentrasi LAS terbesar pada reaktor yang menggunakan tumbuhan *S. grossus*, *E. crassipes*, dan kombinasi antara *S. grossus* dan *E. crassipes* masing-masing adalah sebesar 97,2%, 98,6%, dan 99,7%.
2. Kerapatan tumbuhan dalam satu reaktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi removal konsentrasi LAS dalam uji *fitotreatment*. Hal ini dibuktikan dari uji statistik Anova Two-Way yang memiliki nilai P lebih dari 0,05 ( $P > 0,05$ ).

#### 5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya *range* pada variasi kerapatan antar tumbuhan dalam satu reaktor diperbesar sehingga akan diketahui berapa kerapatan optimum masing-masing jenis tumbuhan untuk menurunkan konsentrasi LAS pada saat uji *fitotreatment* berlangsung.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya membahas mengenai kompetisi antar tumbuhan pada reaktor kombinasi dalam meremoval konsentrasi LAS.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G. A, dan Sri Simestri S. 1984. **Metode Penelitian Air**. Surabaya: Usaha Nasional

Al-Baldawi, I. A., Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Nurina Anuar, Fatihah Suja, Mushrifah Idris. 2012. "A phytotoxicity Test of Bulrush (*Scirpus grossus*) Grown with Diesel Contamination in a Free-flow Reed Bed System". **Journal of Hazardous Materials**, 252-253 (2013), 64-69

Bañuelos, G.S., M.C. Shannon, H. Ajwa, J.H. Draper, J. Jordahl, and L. Licht. 1999. "Phytoextraction and accumulation of boron and selenium by poplar (*Populus*) hybrid clones". **Int. J. Phytoremediation**. 1(1):81-96.

Brix, H. 1997. "Do Macrophytes Play a Role in Constructed Treatment Wetlands?". **Water Science Technology**, 35 (5): 11-17

Boyd, 1990, c. E. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama.

Boyd, C. E. dan F. Lichoppler. 1986. **Pengelolaan Kualitas Air Kolam Ikan**. Penerjemah Fuad Cholik. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.

Case, R, W. 1994. "Design Criteria and Practice for Constructed wetland". **Water Science and Technology** 29, 2: 1-6

Ciabatti, I, F. Cesaro, L. Faralli, E. Fatrella, F. Togotti. 2009. "Demonstration of a treatment system for purification and reuse of laundry wastewater". **Desalination** 245: 451-459

Connel, D.W., J.G. Miller. 1995. **Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran**. UI-Press: Jakarta

Cornish, J.E., W.C. Goldberg, R.S. Levine, and J.R. Benemann. 1995. "Phytoremediation of soils contaminated with toxic elements



and radionuclides". pp. 55-63. In R.E. Hinchee, J.L. Means, and D.R. Burris (eds.), **Bioremediation of Inorganics**. Battelle Press, Columbus, OH.

Dinges, R. 1982. **Natural System for Water Pollution Control Van Nostrand Reinhold Environment Engineering Series**. VNR Company. New York Cincinnati, Toronto, Melbourne.

Effendi, H, 2003, **Telaah kualitas Air Bagi pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Peraliran**, Jurusan MSP Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Bogor

Fahrudin, 2010. **Bioteknologi Lingkungan**. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Grubben, G. J. H. dan S. Partohardjono. 1996. **Plant Resources of South-East Asia No. 10**. Bogor: PROSEA Foundation

Harms, H., C. Langebartels. 1986. Standardized Plant Cell Suspension Test Systems For An Ecotoxicologic Evaluation of The Metabolic Fate of Xenobiotics. **Plant Science**. 45:157-165.

Hayati, Nuril. 2005. **Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator**. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia 12, 1:35-40.

Heyne, K. 1987. **Tumbuhan Berguna Indonesia**. Jakarta: Departemen Kehutanan

Hudori, & Soewondo. 2009. Pengolahan Limbah Laundry Dengan Metode Elektrokoagulasi. Seminar Nasional Ke-4 Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi

Irawanto, Rony. 2015. **Fitoforensik Logam Berat Pb (Timbal) dan Cd (Kadmium) Pada Tumbuhan Akuatik Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) dan Jali (*Coix lacryma-jobi*)**. Tesis Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Jadia, C. D. dan Fulekar, M.H. 2009. "Review on Phytoremediation of Heavy Metals: Recent Techniques". **Journal of Biotechnology** 8 (6): 921

Kumar, P.B.A. Nanda, V. Dushenkov, H. Motto, and I. Raskin. 1995. "Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils". **Environ. Sci. Technol.** 29(5):1232-1238.

Kumari, Menka, B.D. Tripathi. 2013. "Effect of Aeration and Mixed Culture of *Eichhornia crassipes* and *Salvinia natans* on Removal of Wastewater Pollutants" **Ecological Engineering** 62 (2014) 48-53

K. Kümmerer, A. Al-Ahmad, A. Henninger. 2002. "Use of chemotaxonomy to study the influence of benzalkonium chloride on bacterial populations in biodegradation testing" **Acta Hydrochim Hydrobiol**, 30 (2002), pp. 171–178

Lestari, Giyatmi Wahyu, Solichatun, Sugiyarto. 2006. "Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Laju Respirasi Tanaman Garut (*Maranta arundinacea* L.) setelah Pemberian Asam Giberelat (GA<sub>3</sub>)". **Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS)** .Surakarta 57126.

Mangkoedihardjo, S. dan G. Samudro. 2010. **Fitoteknologi Terapan**. Yogyakarta: Graha Ilmu

Metcalf & Eddy. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. Fourth Edition. New York: Mc Graw Hill International.

Mitchell, D.F. 1974. **Aquatic Vegetation and Its Use and Control**. UNESCO. Paris.

Moody, M. 1993. **Creating Water Gardens**. London: Landsdowne Publishing.

Nurmitha A., Aulia, Lawalena Samang, Achmad Zubair. 2012. "Fitoremediasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Dengan

Memanfaatkan Enceng Gondok". **Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.**

Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya

Pivetz, E. Bruce. 2001. "Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites". **Ground Water Issue** (2001), 540.

Priya, E. Sanmuga dan P. Senthamil Selvan. 2014. "Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) - An Efficient and Economic Adsorbent for Textile Effluent Treatment – A Review". **Arabian Journal of Chemistry** (2014) xxx: xxx-xxx.

Rahman, Azizur M. dan H. Hasegawa. 2011. "Aquatic arsenic: Phytoremediation using floating macrophytes" **Journal of Chemosphere** 83, (2011) 633-646.

Rukmi, Dyah Puspito, Ellyke, R. S. Pujiati. 2013. "The Effectiveness of *Eichhornia crassipes* to Decrease Detergent, BOD, COD, Concentration in Laundry Wastewater". **Artikel Ilmiah Hasil penelitian Mahasiswa 2013.** Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Sastrawijaya, A. T., 2000. **Pencemaran Lingkungan.** Jakarta: Rineka Cipta

Salt, D.E., I.J. Pickering, R.C. Prince, D. Gleba, S. Dushenkov, R.D. Smith, and I. Raskin. 1997. "Metal accumulation by aquacultured seedlings of Indian Mustard". **Environ. Sci. Technol.** 31(6):1636-1644.

Santiago, C. 1973. **Different factors affecting the growth of *Eichhornia Crassipes*.** Proc. 2<sup>nd</sup> . Indonesia Weed Sci. Soc. Conf. Yogyakarta.

Scott, Matthew J., Malcolm N. J. 2000. "The Biodegradation of Surfactant In The Environment". **Biochimica et Biophysica Acta** 1508 (2000) 235-251

Soerjani, M. dan L. S. Widyanto. 1977. **Pengendalian Gulma Air di Indonesia**. Kertas Kerja Keempat Ilmu Tumbuhan Pengganggu Indonesia. Jakarta.

Srivastava, Sudhakar, Suvarna Sounderajan, Ambuja Udas, Penna Suprasanna. 2014. "Effect of Combinations of Aquatic Plants (Hydrilla, Ceratophyllum, Eichornia, Lemna and Wolfia) on Arsenic Removal in Field conditions". **Journal of Ecological Engineering** 73 (2014) 297-301

Standar Nasional Indonesia, **Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik Dengan Spektrofotometer Secara Biru Metilen, (SNI 06-6989.51-2005)**

Standar Nasional Indonesia, **Cara Uji Keasaman Dengan Menggunakan Alat pH Meter, (SNI 06-6989.11-2004)**

Standar Nasional Indonesia, **Cara Uji Suhu Dengan Termometer, (SNI 06-6989.23-2005)**

Standar Nasional Indonesia, **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka dengan Refluks Terbuka Secara Titrimetri, (SNI 06-6989.73-2009)**

Standar Nasional Indonesia, **Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia, (SNI 6989.72:2009)**

Subroto, M.A. 1996. Fitoremediasi. Dalam: Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan, Cibinong, 24-25 Juni 1996. **Journal of Archaeological Science** 35 (2008) 1311-1316

Sugiharto. 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta: UI Press.

Sundari, Aliyah Siti., Retnaningdyah, Catur., dan Suharjono. 2013. "The effectiveness of *Scirpus grossus* and *Limncharis flava* as Phytoremediation Agents of Nitrate-Phosphate to Prevent Microcystis Blooming in Fresh Water Ecosystem". **The journal of tropical Life Science**, Vol.3, 1:29-33.

Supriyono, E., F. Takashima, C.A. Atrussman, 1998. "Toxicity of LAS to Juvenile Kuruma Shrimp, *Penaeus japonicus*: A Histopathological Study On Acute and Subchronic Levels". **Journal of Tokyo University of Fisheries**, Japan, Vol. 85, 1-10

Tangahu, Bieby Voijant et al. 2011. "Isolation and Screening of Rhizobacteria from *Scirpus Grossus* Plant after Lead (Pb) Exposure". **Journal of Civil Engineering and Architecture**, Vol.5, 6:485-493.

Tangahu, B.V., Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2013. "Phytotoxicity of Wastewater Containing Lead (Pb) Effects *Scirpus grossus*". **International Journal of Phytoremediation**, Vol. 15, No.8:814-826

U.S. Environmental Protection Agency. 2000. **Ecological Effect Guidelines OPPTS 850.4400**. USA: Office of Water – Environmental Protection Agency (EPA)

Verge, C., Moreno, A., Bravo, J., Berna, J.L. 2000. "Influence of water hardness on the bioavailability and toxicity of Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS)". **Chemosphere** 44(2000): 1749-1757

Verlicchi, P., M. Al Aukidy, A. Galletti, M. Petrovic, D. Barceló. "Hospital effluent: investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment". 2012. **Sci Total Environ**, 430 (2012), pp. 109–118

Yang, Lei. 2008. "Phytoremediation: An Ecotechnology for Treating Contaminated Sites". **Waste Management** 12 (2008): 290-298

Yasril, Awalia Gusti. 2009. "Kemampuan Mansiang (*Scirpus grossus*) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD limbah Rumah Makan". **Jurnal Kesehatan Lingkungan** Vol. 2, No. 2, Februari 2009, hal 67-71.

Zhang, B.Y, J. S. Zheng, R. G. Sharp. 2010." Phytoremediation in Engineered Wetlands: Mechanism and Applications". **Procedia Environmental Science** 2 (2010): 1315-1325

Zimmels, Y., Kirzhner, F., Malkovskaja, A. 2006. "Application of *Eichhornia crassipes* and *Pitua stratiotes* for Treatment of Urban Sewage in Israel". **Journal of Environmental Management** 81: 420-428

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISA

### 1. Analisis COD

#### Prosedur :

- a. Memasukkan 0,4 gram kristal  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  ke dalam masing-masing erlenmeyer COD
- b. Menuangkan 20 ml air sampel dan 20 ml air aquadest (sebagai blanko) ke dalam masing-masing erlenmeyer COD
- c. Menambahkan 10 ml larutan kalium dikromat 0,1 N
- d. Menambahkan 20 ml larutan campuran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$
- e. Mengalirkan air pendingin pada kondensor dan memasang erlenmeyer cod
- f. Menyalakan alat pemanas dan refluks larutan tersebut selama 2 jam
- g. Membiarkan erlenmeyer dingin dan menambahkan air aquadest melalui kondensor sampai volume 150 ml
- h. Melepaskan erlenmeyer dan kondensor lalu menunggu hingga dingin
- i. Menambahkan 3-4 tetes indikator ferroin
- j. Menitrasi kedua larutan erlenmeyer tersebut dengan larutan standar Fero Amonium Sulfat 0,05 N hingga warna menjadi merah-coklat
- k. Menghitung COD sampel dengan rumus berikut :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/l)} = \frac{(a-b) \times N \times 8000 \times f \times p}{\text{volume sampel}}$$

#### Keterangan :

- a = ml FAS titrasi blanko
- b = ml FAS titrasi sampel
- N = Normalitas larutan FAS
- F = faktor (20 : titran blanko kedua)
- p = pengenceran



## 2. Analisis BOD<sub>5</sub>

### Prosedur :

- a. Mengambil sampel langsung dari lokasi dengan cara memasukkan botol winkler ke dalam air sampel botol penuh dan tutup
- b. Menambahkan 1 ml larutan mangan sulfat
- c. Menambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen
- d. Botol ditutup lagi dengan hati-hati, kemudian dibolak-balikkan beberapa kali
- e. Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
- f. Menambahkan 1 ml asam sulfat pekat, menutup dan membolak-balikkan botol beberapa kali sampai endapan hilang
- g. Menuangkan air ke dalam botol sebanyak 100 ml dengan menggunakan gelas ukur 100 ml, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml
- h. Menitrasi dengan larutan natrium thiosulfat 0,0125 N hingga warna menjadi coklat muda
- i. Menambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi lagi dengan natrium thiosulfat sampai warna biru hilang pertama kali
- j. Hitung oksigen terlarut dengan rumus berikut :

$$OT \text{ (mg O}_2\text{/l)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

Keterangan :

a = volume titran (ml)

N = Normalitas larutan Na-thiosulfat = 0,0125 N

Berikut ini adalah cara perhitungan BOD<sub>5</sub>:

$$BOD \text{ mgO}_2\text{/L} = ((X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)) \times (T - P)$$

Keterangan:

X<sub>0</sub> = DO dari contoh air 0 hari

X<sub>5</sub> = DO dari contoh air 5 hari

B<sub>0</sub> = DO dari blanko 0 hari

B<sub>5</sub> = DO dari blanko 5 hari

### **3. Analisa Linier Alkilbenzen Sulfonat (LAS)**

#### **Prosedur Kerja**

##### **Pembuatan Kurva Kalibrasi**

1. Larutan induk detergent diambil sebanyak 0, 250, 500, 750 dan 1000 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL, ditambahkan air suling hingga tanda tera, kemudian diaduk hingga homogen. Diperoleh kadar 0,00; 0,2; 0,4; 1,0; 1,2 dan 2,0 mg/L MBAS.
2. Larutan baku diambil dengan volum masing – masing 100 mL dan dimasukkan ke dalam corong pemisah 30 mL.
3. Ditambahkan larutan biru methylene sebanyak 25mL.
4. Ditambahkan 10 mL  $\text{CHCl}_3$  , digojog kuat – kuat selama 30 detik , sekali kali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas.
5. Didiamkan hingga terjadi pemisahan fase, corong pemisah digoyang perlahan – lahan, jika terbentuk emulsi, tambahkan sedikit isopropil alkohol (10 mL), lapisan bawah ( $\text{CHCl}_3$ ) dikeluarkan dan ditampung dalam corong pemisah lain.
6. Ekstraksi diulangi seperti butir 4 dan 5 sebanyak 2 kali dan larutan ekstrak digabung dengan larutan ekstrak pada butir 5.
7. Ditambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam larutan ekstrak (kloroform gabungan) dan digojog kuat – kuat selama 30 detik.
8. Didiamkan sampai terjadi pemisahan fase, corong digoyangkan perlahan – lahan, lapisan bawah (Chloroform) dikeluarkan melalui serabut kaca, dimasukkan ke dalam labu ukur (jaga agar lapisan air tidak terbawa).
9. Ekstraksi diulangi terhadap larutan pencuci dengan kloroform seperti butir 4 dan 5 sebanyak 2 kali.
10. Serabut kaca dicuci dengan kloroform sebanyak 5 mL dan digabung dengan larutan ekstrak diatas.
11. Larutan ekstrak dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan kloroform sampai tanda tera.
12. Larutan ekstrak dimasukkan kedalam cuvet pada alat spektrofotometer , dibaca dan dicatat absorbansinya pada

- panjang gelombang 652 nm, pembacaan dilakukan tidak lebih dari 3 jam setelah ekstraksi.
13. Apabila perbedaan hasil pengukuran serapan masuk secara duplo lebih besar dari 2% periksa alat dan ulangi pekerjaan dari langkah awal, apabila lebih kecil atau sama dengan 2% , rata – rata kan hasil.
  14. Kurva kalibrasi dibuat dari data 13 dan ditentukan persamaan garisnya.

#### **Prosedur Uji Kadar Surfaktan**

1. Sampel diambil masing – masing 100 mL dan dimasukkan ke dalam corong pemisah 500 mL.
2. Ditambahkan larutan biru methylene sebanyak 25 mL.
3. Ditambahkan 50 mL kloroform , digojog kuat – kuat selama 30 detik , sekali kali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas.
4. Didiamkan hingga terjadi pemisahan fase, corong pemisah digoyangkan perlahan – lahan.
5. Ditambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam larutan ekstrak (kloroform gabungan) dan digojog kuat – kuat selama 30 detik.
6. Didiamkan sampai terjadi pemisahan fase, digoyang perlahan – lahan , lapisan bawah (kloroform) dikeluarkan melalui serabut kaca, dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL (jaga agar lapisan air tidak terbawa).

Larutan ekstrak dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer , dibaca dan dicatat absorbansinya pada panjang gelombang 652 nm, pembacaan dilakukan tidak lebih dari 3 jam setelah ekstraksi.

#### **4. Analisis pH**

##### **Prosedur :**

- a. Setiap pH meter hendaknya dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan buffer pH 4,01; 6,86; dan 9,18 sebelum digunakan untuk pengukuran pH dari sampel air. Suhu pengukuran disesuaikan antara suhu dan pH meter dengan suhu sampel pada saat itu

- b. Pada keadaan tidak dialiri arus listrik jarum pH meter harus menunjukkan angka 7,0 kecuali dengan pH meter sistem digital

## **5. Analisis biomass/berat kering**

Analisis biomass dilakukan untuk mengukur berat basah dan berat kering tumbuhan. Analisis ini dilakukan sekali dalam seminggu. Prosedur analisis biomassa adalah sebagai berikut.

- Tumbuhan diambil dari media tanam, lalu dibersihkan dari kotoran yang menempel di permukaan tumbuhan dengan menggunakan tisu
- Pengukuran berat kering dilakukan dengan meletakkan tumbuhan ke dalam oven pengering pada suhu 105°C selama 2 jam
- Tumbuhan distabilkan suhunya agar sama dengan suhu ruangan dengan meletakkan ke dalam desikator selama 1 jam
- Tumbuhan ditimbang dengan neraca analitik

## LAMPIRAN B DATA HASIL ANALISA

**Tabel Beban Pencemar Terhadap Biomassa Tumbuhan**

<b>Reaktor \ Minggu</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>8Sg</b>	11.25	12.76	12.32	14.30	15.07	15.17
<b>6Sg</b>	15.56	17.33	17.13	21.46	22.73	23.76
<b>8Ec</b>	31.15	35.60	35.60	41.54	41.54	41.54
<b>6Ec</b>	41.54	49.85	49.85	62.31	62.31	62.31
<b>4Sg4Ec</b>	18.38	20.48	20.52	30.80	30.99	30.88
<b>3Sg3Ec</b>	25.31	31.10	30.98	61.86	62.14	61.86

**Tabel Hasil Analisa Konsentrasi LAS**

Reaktor	Minggu ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
8Sg	92	92,8	96,5	97,0	91,5	90,8	96,4
6Sg	88	96,0	97,2	97,0	90,9	85,9	71,8
8Ec	91	97,3	97,6	98,6	89,7	90,8	98,2
6Ec	73	97,3	97,5	96,7	91,1	89,3	97,3
4Sg4Ec	79,9	99,7	99,5	99,4	98,8	99,1	99,0
3Sg3Ec	76	98,4	98,8	99,0	98,5	99,0	97,6
Kontrol (Tanah + larutan LAS)	52,3	62,1	62,9	63,7	64,1	64,6	64,9
Reaktor Kontrol (Larutan LAS)	29,6	40,9	42,3	43,2	46,7	48,3	50,2

**Tabel Hasil Pengukuran pH**

Reaktor	Minggu ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
8Sg	7,8	8,05	8,12	7,96	7,8	8,03	7,95
6Sg	7,58	8,1	8,08	8,2	7,98	7,84	8,05
8Ec	7,42	7,9	8,1	7,92	7,64	7,86	7,92
6Ec	7,57	7,75	7,93	8,11	7,71	7,79	7,88
4Sg4Ec	7,78	7,86	7,85	8,05	7,77	7,89	7,82
3Sg3Ec	8,15	8,2	8,12	8,17	7,89	7,97	7,91
Reaktor Kontrol (Tanah+larutan LAS)	8,4	8,25	8,28	8,31	8,41	8,23	8,39
Reaktor Kontrol (Larutan LAS)	8,92	8,73	8,97	8,86	8,78	8,83	8,74

**Tabel Hasil Pengukuran Suhu**

Jenis Reaktor	Minggu ke-							
	0	1	2	3	4	5	6	7
8Sg	30	28	30	30	29	30	30	30
6Sg	30	28	30	30	30	29	30	30
8Ec	30	28	29,5	30	29	29	30	29,5
6Ec	30	28	29	29,5	29	29	30	28
4Sg4Ec	30	26	29,5	29,5	29,5	29	29,5	29
3Sg3Ec	30	28	30	30	30	29,5	29	30
Reaktor kontrol (tanah + larutan LAS)	30	28	30	29,5	30	30	30	29.5
Reaktor kontrol (larutan LAS)	30	28	30	30	30	30	30	30



**Tabel Hasil Pengukuran Berat Basah dan Berat Kering S.  
*grossus***

Minggu ke-	Berat Basah *gr)		Berat Kering (gr)	
	Reaktor Uji	Reaktor Kontrol	Reaktor Uji	Reaktor Kontrol
<b>Reaktor 8Sg</b>				
0	31,93	31,93	7,2	7,2
2	35,72	30,68	9,1	7,2
4	40,11	38,45	10,22	9,77
7	44,75	42,63	13,87	11,21
<b>Reaktor 6Sg</b>				
0	31,93	32	7,2	7,2
2	38,93	31	9,45	7,6
4	42,21	39	11,57	10,13
7	46,79	42,25	16,02	14,83
<b>Reaktor 4Sg4Ec</b>				
0	31,93	31,93	7,2	7,2
2	34,44	30,15	7,55	7,3
4	39,68	37,03	10,15	9,4
7	43,27	45,71	12,65	13,38
<b>Reaktor 3Sg3Ec</b>				
0	31,93	31,93	7,2	7,2
2	35,12	32,44	8,01	7,34
4	40,26	37,97	10,37	9,33
7	44,57	42,32	13,42	12,02

**Tabel Hasil Pengukuran Berat Basah dan Berat Kering *E. crassipes***

Minggu ke-	Berat Basah (gr)		Berat Kering (gr)	
	Reaktor Uji	Reaktor Kontrol	Reaktor Uji	Reaktor Kontrol
<b>Reaktor 8Ec</b>				
0	35,03	35,03	2,6	2,6
2	35,17	35,23	2,75	2,81
4	35,14	35,2	2,69	2,72
7	35,21	35,14	2,64	2,74
<b>Reaktor 6Ec</b>				
0	35,03	35,03	2,6	2,6
2	35,01	35,1	2,54	2,72
4	35,13	35,15	2,84	2,83
7	35,18	35,09	2,97	2,94
<b>Reaktor 4Sg4Ec</b>				
0	35,03	35,03	2,6	2,6
2	35,01	35,1	2,54	2,72
4	35,13	35,15	2,84	2,83
7	35,11	35,07	2,89	2,81
<b>Reaktor 3Sg3Ec</b>				
0	35,03	35,03	2,6	2,6
2	35,05	35,15	2,62	2,81
4	35,12	35,08	2,79	2,72
7	35,1	35,18	2,74	2,82

**Tabel Hasil Pengukuran Tinggi Tumbuhan *S. grossus***

<b>Minggu ke-</b>	<b>Reaktor Uji</b>	<b>Reaktor Kontrol</b>
<b>Reaktor 8Sg</b>		
0	55	55
2	65	62
4	75	73
7	76	78
<b>Reaktor 6Sg</b>		
0	55	55
2	67	65
4	78	75
7	78	76
<b>Reaktor 4Sg4Ec</b>		
0	55	55
2	67	63
4	77	77
7	80	78
<b>Reaktor 3Sg3Ec</b>		
0	55	55
2	63	61
4	76	76
7	78	76

**Tabel Hasil Pengukuran Lebar Daun *E. crassipes***

<b>Minggu ke-</b>	<b>Reaktor Uji</b>	<b>Reaktor Kontrol</b>
<b>Reaktor 8Sg</b>		
0	9	9
2	9	8,8
4	9,4	9,5
7	9,5	9,2
<b>Reaktor 6Ec</b>		
0	9	9
2	9,2	9
4	9,5	9,4
7	9,5	9,6
<b>Reaktor 4Sg4Ec</b>		
0	9	9
2	9,5	9
4	9,4	9,4
7	9,6	9,5
<b>Reaktor 3Sg3Ec</b>		
0	9	9
2	9,5	9
4	9,4	9,4
7	9,6	9,6



## **BIOGRAFI PENULIS**

Penulis dilahirkan di Surabaya, 11 Januari 1993. Penulis mengenyam pendidikan pada tahun 1999–2005 di SD Kristen Aletheia Surabaya, dan dilanjutkan di SMPN 7 Surabaya pada tahun 2005–2008. Pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Surabaya dari tahun 2008–2011. Pendidikan terakhir penulis saat ini di S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya, pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP

3311 100 080 lewat jalur Seleksi Masuk ITS.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL, serta aktif sebagai asisten praktikum perkuliahan Mikrobiologi Lingkungan. Penulis menjadi anggota HMTL sejak tahun 2012 dan menjabat sebagai Sekretaris Environmental Engineering English Club (EEEC). Pada tahun ketiga perkuliahan penulis juga menjabat sebagai Kepala Divisi Eksternal EEEEC. Penulis mengikuti kerja praktik di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKL-PP) Surabaya di bagian Teknologi Tepat Guna.

Penulis dapat dihubungi melalui email :  
reyshasibarani@gmail.com.